

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES DE GESTION À FINALITÉ SPÉCIALISÉE EN BUSINESS ANALYSIS & INTEGRATION

Les obligations vertes et conventionnelles

quelles sont les différences en termes de performance dans un portefeuille d'investisseurs ?

Golinveau, Arnaud

Award date:
2019

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Les obligations vertes et conventionnelles :
quelles sont les différences en termes de
performance dans un portefeuille d'investisseurs ?

GOLINVEAU Arnaud

Directeur du mémoire : Madame le Professeur S. BEREAU

Mémoire présenté
en vue de l'obtention du titre de
Master 120 en Sciences de gestion
à finalité spécialisée

ANNEE ACADEMIQUE 2018-2019

Université de Namur, ASBL
Faculté des Sciences économiques, sociales et de gestion – Département des Sciences de gestion
Rempart de la Vierge 8, B-5000 Namur, Belgique, Tel. +32(0)81 72 48 41/49 58, Fax +32 (0)81 72 48 40

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier ma promotrice Madame Sophie Bereau, pour sa confiance ainsi que ses conseils qui m'ont permis de réaliser ce mémoire.

Je tiens également à remercier Monsieur Alexandre Geradon et Antoine de Sauvage pour son aide précieuse lors de la relecture de ce mémoire.

Pour finir, je remercie tous mes amis proches ainsi que toute ma famille qui m'ont soutenu au quotidien lors de l'écriture de ce mémoire ainsi que tout au long de mes études.

Table des matières

1	Introduction	8
2	Les caractéristiques d'une obligation verte.	10
2.1	Définition d'une obligation verte.	10
2.2	Les différents types d'obligation vertes.....	12
3	Aperçu et développement du marché.	13
3.1	Historique de l'obligation verte	13
3.2	Le marché à l'heure actuelle.....	14
3.3	Les différents indices verts	15
4	L'éligibilité et les principes des Green bonds	17
4.1	Les green bonds labélisés	17
4.2	Labellisation des obligations	18
4.2.1	Green Bonds Principles	19
4.2.2	Climate bonds initiative	20
5	Revue littérature.	22
5.1	Performance sociale au sein d'une entreprise.....	22
5.2	Prime de rendement.	24
5.2.1	Marché primaire.	24
5.2.2	Marché secondaire.....	25
5.2.3	Marché des obligations municipales américaine.....	26
5.2.4	Marché des obligations vertes certifiées.	27
5.3	Risque attaché à l'obligation verte.	28
5.4	Performance des obligations vertes dans un portefeuille.	29
6	Récolte des données	31
7	Méthode empirique	33
8	Résultat empirique.....	35
8.1	Comparaison des portefeuilles purement verts et conventionnels.....	35
8.2	Portefeuille mixte.	39
8.3	Comparaison des portefeuilles avec une granularité différente des obligations vertes dans les échantillons.....	43
8.4	Comparaison des indices de performance de nos différents échantillons	46
8.5	Limites de nos recherches.....	50
9	Conclusion.....	51
10	Bibliographie	54

Le Soir. (2019), Climat: des scientifiques australiens estiment la fin de la civilisation humaine à 2050.	57
11 Annexes.....	61
11.1 Figures.....	61
11.1.1 Figure 1 : Fonctionnement d’une obligation verte	61
11.1.2 Figure 2 : Croissance du marché des obligations vertes	61
11.1.3 Figure 3 : Diversification du credit rating à travers les années.	62
11.1.4 Figure 4 : La dispersion géographique du marché obligataire vert.	62
11.1.5 Figure 5 : Les obligations vertes dans le marché obligataire	63
11.1.6 Figure 6 : Processus de certification CBI.....	63
11.1.7 Figure 7 : Différence de rendement entre une obligation verte et conventionnel en fonction du rating.	64
11.2 Tableau.....	65
11.2.1 Tableau 1 : Moyennes des rendements et de la variance de chaque obligation pour les 2 périodes étudiées.	65
11.2.2 Tableau 2 : Moyenne des rendements et variances des obligations vertes et	66
11.2.3 Tableau 3 : Les portefeuilles verts et bruns efficient visant un minimum de variance.	67
11.2.4 Tableau 4 : Les portefeuilles verts et conventionnels tangents.	67
11.2.5 Tableau 5 : L’allocation des obligations vertes dans les portefeuilles tangents et GMPV.	68
11.2.6 Tableau 6 : L’allocation des obligations conventionnelles dans les portefeuilles tangents et GMPV.	68
11.2.7 Tableau 7 : Portefeuilles mix tangent et GMPV.	69
11.2.8 Tableau 8 : Portefeuilles mixte sans vente à découvert.....	70
11.2.9 Tableau 9 : Portefeuilles mixte sans les obligations performantes.	71
11.2.10 Tableau 10 : Portefeuilles mix sans les obligations performantes et sans vente à découvert.	72
11.2.11 Tableau 11 : Portefeuilles 25% conventionnel, 75 % vert.	73
11.2.12 Tableau 12 : Portefeuilles 75% conventionnel, 25 % vert.	74
11.2.13 Tableau 13 : Ratio Sharpe des portefeuilles.	74
11.2.14 Tableau 14 : Portefeuilles 25% conventionnel, 75 % vert sans SHANK.	75
11.2.15 Tableau 15 : Alpha Jensen des différents portefeuilles granulés.....	76
11.2.16 Tableau 16 : Alpha Jensen des portefeuilles mixtes.....	77
11.2.17 Tableau 17 : Alpha Jensen moyen du portefeuille tangent des différents échantillons.....	78

11.2.18	Tableau 18 : Alpha Jensen moyen du portefeuille GMVP des différents échantillons.....	78
11.2.19	Tableau 19 : Inférences statistiques des Alphas Jensen des échantillons mixte	79
11.2.20	Tableau 20 : Inférences statistiques des Alphas Jensen des échantillons à caractère conventionnel.....	80
11.2.21	Tableau 21 : Inférences statistiques des Alphas Jensen des échantillons à caractère vert.	81
11.2.22	Tableau 22 : Inférences statistiques moyennens des Alphas Jensen de nos échantillons.....	82
11.3	R code	83

1 Introduction

"Act so that the effects of your action are compatible with the permanence of genuine human life." Hans Jonas, 1984.

Hans Jonas fut l'un des premiers pionniers à remettre en question notre civilisation d'un point de vue écologique. Le point de départ de son travail part d'un constat lié à la portée du progrès technologique sur l'action humaine à un point tel qu'il exige une nouvelle philosophie de la responsabilité. Les actions menées par la civilisation humaine à un moment donné dans l'espace et dans le temps peuvent avoir des conséquences profondes, voire globales, qui peuvent être irréversibles. La nature nous impose donc de nous comporter autrement, dans la mesure où elle est la condition sine qua non d'une vie humaine (Amegatsevi, 2013).

Quarante-cinq années plus tard, des rapports scientifiques alarmants et angoissants sont postés régulièrement dans la presse. Selon le « Breakthrough National Centre for Climate Restoration¹ », nous arriverions à un point de non-retour d'ici la moitié de notre siècle. Si nous continuons dans ce sens, il resterait 30 années à la civilisation humaine (Le Soir, 2019).

Alain Grandjean (2016) spécialiste dans la transition énergétique et l'adaptation au changement climatique explique que l'impact de plus en plus prépondérant des activités humaines sur la biosphère nous a plongés dans une nouvelle ère biologique. Celle-ci est reprise sous le terme anthropocène et est la conséquence de nos actions exponentielles au fil du temps en termes de GES, usages des énergies fossiles, dégradations des eaux, etc. L'énergie mondiale actuelle est fabriquée à partir de 80 % d'énergie fossile dont le procédé émet des tonnes de CO₂. Les causes de ces comportements se distinguent sous de 3 types différents. Premièrement le consumérisme et le cynisme de notre civilisation où les vices privés sont prioritaires à l'intérêt général. Ensuite, la révolution scientifique repousse sans cesse les limites. Et enfin le libéralisme économique qui prône les intérêts individuels.

La lutte contre le réchauffement climatique est donc devenue un enjeu urgent pour nos organismes mondiaux. Dans le cadre de la COP 21, l'accord de Paris de 2015 est sans doute celui qui constitue le signal le plus fort plus venant des politiques internationales afin de

¹« Le National Centre for Climate Restoration (Breakthrough) est un groupe de réflexion australien indépendant qui développe un leadership de pensée critique pour influencer le débat national sur le climat et l'élaboration des politiques. La mission de Breakthrough est de développer et de promouvoir l'innovation et l'analyse stratégique qui sont essentielles. » <https://www.preventionweb.net/organizations/23032>

sauvegarder notre environnement. L'objectif est de maintenir l'augmentation de la température mondiale en dessous de 2 degrés Celsius d'ici 2100. L'IPPC (2018) estime que, pour ne pas dépasser ce seuil, 2,4 billions de dollars US (environ 2,5% du PIB mondial) devront être mobilisés annuellement jusqu'en 2035 (GIEC, 2018). Face à cette situation, les investisseurs institutionnels capables de mobiliser des capitaux d'une taille importante, commencent à investir de plus en plus de capitaux dans des projets durables (CBI, 2017).

Des nouveaux instruments financiers ont été introduits afin de répondre à la demande croissante de financement vert, parmi lesquels l'obligation verte. Ces obligations vertes sont des obligations émises avec la promesse explicite d'utiliser le produit de l'émission pour financer des projets verts.

Dans cette optique, nous avons décidé de nous s'intéresser aux possibilités financières de cet instrument dans un portefeuille d'investisseurs. Nous démontrons que les portefeuilles avec une proportion plus importante d'obligations vertes sont de moins en moins performants. De plus, nous confirmons l'étude de Baker et ses collaborateurs (2018) en démontrant que les obligations vertes à faible variance ont une importance dans la gestion du risque d'un portefeuille.

La première partie de ce travail s'articule autour d'informations théoriques et d'observations scientifiques sur les obligations vertes. Nous dressons dans un premier temps un portrait global des obligations en expliquant les caractéristiques principales et le développement du marché des obligations vertes. Nous abordons également les critères d'éligibilités et le processus de labélisation qui sont nécessaires à la constitution d'un label vert. Ensuite, nous ferons un recensement des différentes études faites sur les performances en termes de rendement et de risque. Nous apporterons aussi plusieurs avis concernant la performance des ceux-ci dans un portefeuille quelconque.

La deuxième partie se focalise sur la méthodologie et les résultats empiriques de nos recherches. Nous avons calculé plusieurs portefeuilles avec des échantillons contenant une granularité différente de green bonds. Nous les avons comparés entre eux au niveau de leur allocation, de leur rendement et de leur risque. De plus, nous avons utilisé le ratio de Sharpe et l'Alpha Jensen comme indicateur de performance.

2 Les caractéristiques d'une obligation verte.

2.1 Définition d'une obligation verte.

Le terme anglais « *Green bond* » est utilisé pour qualifier une obligation environnementale ou une obligation verte. C'est un instrument financier du marché de la dette, par laquelle un émetteur² soulève des fonds en vue de financer un projet spécifique comportant des avantages environnementaux ou climatiques (Ehlers, T et al, 2016). Cet outil est primordial dans la lutte vers une transition écologique qui a pour but d'internaliser les externalités environnementales (GFSG, G., (2016). Son fonctionnement est identique à une obligation conventionnelle (mêmes garanties, même séniorité et même notation) mais elle se différencie principalement sur deux points (Shishlov, I et al 2016). :

- Fournir des avantages matériels pour développer des projets environnementaux
- L'amélioration de la transparence des acteurs via un reporting annuel

Via ce mécanisme, l'émetteur s'engage envers l'investisseur³ à allouer les fonds levés à des projets qui génèrent des avantages environnementaux précis concernant : les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique, la gestion des déchets et des eaux usées, les transports publics, la préservation de la biodiversité, la réduction des émissions de GES etc. Un rapport détaillé sur le projet est fourni à l'investisseur avant l'émission des obligations, ils font couramment appel à des experts indépendants pour attester la qualité écologique des projets proposés par l'émetteur. Cette expertise a pour but de certifier par une tierce partie l'obligation verte (Claquin, T (2015)).

La différenciation face à un investissement obligataire traditionnel se fait donc par la création d'un levier qui encourage les investisseurs institutionnels à diversifier efficacement l'allocation de leur portefeuille en se tournant vers des projets d'investissement durable.

² Dans le mécanisme de transaction obligataire traditionnelle, les émetteurs ont le rôle des emprunteurs ils sont en générale représenté par des entreprises publiques ou privées, par l'état lui-même et parfois par des particuliers ayant des projets à financer. (Crédit agricole, 2016)

³ Dans le mécanisme de transaction obligataire traditionnelle, les investisseurs ou prêteurs sont les acheteurs, ils peuvent être « des banques qui collectent l'épargne individuelle et doivent la placer lorsque leur trésorerie le requiert ou des compagnies d'assurances qui mettent les primes reçues en réserve pour faire face aux sinistres futurs, ou des entreprises qui disposent d'excès temporaires de trésorerie, ou des fonds d'investissements (fonds de pensions, fonds mutuels, sicav, fcp, assurance vie...) qui gèrent des portefeuilles pour le compte d'épargnants et plus rarement aujourd'hui, des particuliers qui disposent de revenus excédant leurs besoins de consommation. » (Crédit agricole, 2016)

Contrairement à l'idée reçue les green bonds ne se distinguent pas au niveau du rendement. Nous abordons ce sujet dans la section 5.2 de ce travail. De plus, les agences de notations attribuent les notes aux obligations vertes en se basant sur les mêmes critères qu'une obligation traditionnelle. Par conséquent, les obligations environnementales vont se voir attribuer une note en fonction de l'émetteur et non via le projet auquel les fonds seront dédiés.

Le « credit rating » d'une obligation verte sera par conséquent identique à celui d'une obligation traditionnelle émise par le même émetteur, ce qui permet aux investisseurs de ne pas devoir prendre de risque supplémentaire via le marché des actions (Swiss Sustainable Finance, 2016). Il ne devrait donc pas y avoir d'écart de rendement entre les obligations traditionnelles et les obligations vertes. Nous reviendrons plus en détail sur cette hypothèse dans la suite du travail.

Ce nouvel instrument financier sur le marché de la dette permet aujourd'hui aux acheteurs et aux émetteurs soucieux de leur image de s'investir dans la transition écologique :

- Au niveau des acheteurs, en majorité représentés par les investisseurs institutionnels, les green bonds ont l'avantage de répondre à la demande d'épargnants qui souhaitent investir dans le développement durable et d'opter vers un modèle de gestion intégrant des critères écologiques qui à l'avenir sont amenés à croître sur le marché (Laville, D et al 2016).
- Au niveau de l'émetteur, interprété par les entreprises et les collectivités ce type d'investissement est structuré autour de 3 objectifs : « (i) communiquer sur leurs stratégies environnementales et donner du relief à leur engagement. (ii) Diversifier leur base de créanciers, en ciblant des investisseurs éthiques qui intègrent déjà des critères environnementaux, sociaux et de gouvernance. (iii) Améliorer la qualité du dialogue au sein de l'organisation entre directions financières et directions environnementales au sein des structures. » (Laville, D et al, 2016).

2.2 Les différents types d'obligation vertes.

Au cours des différentes années, l'intérêt des acteurs financiers envers les obligations vertes est allé de pair avec l'évolution de ce financement. Le Climate Bond Initiative⁴ détermine 4 groupes différents de green bonds :

- **Green Use of Proceeds Bond** : un recours standard à la dette de l'émetteur où la notation de crédit est la même pour l'émetteur et pour l'obligation. Elles sont utilisées pour soulever des fonds pour financer un projet vert précis. Ce sont les obligations abordées dans la définition.⁵
- **Green Use of Proceeds Revenue Bond** : un titre de créance sans recours contre l'émetteur qui est mis en gage dans une source de revenus générée par les frais, les taxes, etc. Cette source de revenu est ensuite investie dans des projets écologiques analogue ou non. ⁶
- **Green Project Bond** : « est une obligation projet utilisée pour financer un ou plusieurs projets verts pour lesquels l'investisseur est directement exposé au risque du ou des projets avec ou sans recours à l'émetteur. » (Gilland, B., 2014).
- **Green Securitized Bond** : « obligation garantie par un ou plusieurs projets spécifiques, y compris des obligations sécurisées, des ABS et d'autres structures. La première source de remboursement est généralement les flux de trésorerie de l'actif. ». (Gilland, B., 2014). Ce type d'obligations couvre, par exemple, les titrisations adossées à des actifs de systèmes photovoltaïques solaires sur toiture et/ou d'actifs à haut rendement énergétique (CBI, 2014).

⁴ « CBI est un organisme sans but lucratif axé sur les investisseurs, lancé pour accroître les investissements contribuant à la transition vers une économie à faible émission de carbone et résiliente aux changements climatiques. Il fournit des normes et des orientations sur les obligations vertes et publie chaque année depuis 2012 des études sur l'évolution du marché des obligations vertes. »

⁵ <https://www.sdfinance.undp.org/content/sdfinance/en/home/solutions/green-bonds.html#mst-1>

⁶ <https://www.sdfinance.undp.org/content/sdfinance/en/home/solutions/green-bonds.html#mst-1>

3 Aperçu et développement du marché.

3.1 Historique de l'obligation verte

La première obligation verte notée AAA à la bourse du Luxembourg en 2007 a été émise par la Banque européenne d'investissement (BEI). Cette dernière a été la première organisation à émettre ce nouveau type d'obligation. Jusqu'en 2013, les différentes émissions de ce type de d'obligations étaient menées par les supranationales (comme les organisations internationales telles que la Banque européenne d'investissement ou des organisations supranationales comme la SFI – Société financière internationale - ou encore des agences internationales. (Ehlers, T et al, 2016).

Le marché s'est élargi par la suite en mars 2013 après que la SFI eut vendu la première obligation verte d'un milliard de dollars en une heure (Bachelet, MJ et al, 2018). Il a été observé que l'intérêt des investisseurs fut marqué puisque la demande était trois fois supérieure au montant de l'émission (Engie, 2014).

En 2004, une association entre 13 banques se lance pour créer les « Green Bond Principle »(GBP) dans le but de répondre à l'attrait croissant tant de la part des émetteurs que des investisseurs. Ce sont les premières lignes directrices pour les acteurs du marché en matière de transparence. En 2014, on observe une année record (Figure 2) mais la progression attendue pour 2015 n'a été que modérée en passant de 36,6 milliards à 41,8 milliards de dollars. Mais, les déclarations du gouvernement chinois concernant son engagement envers les causes environnementales ainsi que l'accord signé lors de la COP 21 à Paris ont été les éléments déclencheurs d'une augmentation notable entre 2015 et 2016. (SEB, 2018 et Lombard Odier Impact, 2017).

Concernant, la maturité moyenne des obligations vertes, celle-ci a aussi augmenté durant la période 2007-2017. Au début de sa création et jusqu'en 2014, la moyenne de l'échéance était de 5 à 6 ans mais depuis 2015 celle-ci ne fait qu'augmenter pour atteindre une moyenne de 9 à 10 pour le 1er semestre 2017 (Ehlers, T et al, 2016).

Le graphique ci-dessous représente ce que nous avons développé supra. En effet les premières obligations vertes ont été émises essentiellement par des supranationales qui sont notées AAA sur le marché (représentant la meilleure note sur le marché). Au fil du temps, avec l'entrée de cet instrument financier sur le marché des entreprises, une diversification des « credit rating » s'est produite. A partir de 2015, le marché des green bond peut être considéré comme un vrai « investment grade »⁷. Les premiers « Green Bonds High Yield » sont également apparus en 2017 (VanEck, 2017).

3.2 Le marché à l'heure actuelle

Depuis 2016, les émetteurs des économies de marché émergentes (EME), en particulier les entreprises chinoises, ont fourni une part importante des émissions mondiales. Les émissions ont atteint 162,1 milliards de dollars en 2017, soit une augmentation record de 84 % par rapport à 2016. Cette augmentation est due aux nouveaux émetteurs qui représentent 61 % des capitaux levés. (CBI, 2018d).

En effet, certains praticiens identifient l'émission d'une obligation verte comme un " must " pour toute entreprise respectueuse de l'environnement. Parmi les autres raisons d'émettre une obligation verte, mentionnons la volonté d'attirer une clientèle plus soucieuse de l'environnement (Flammer, 2018) et axée sur le long terme (Baker et al., 2018).

Néanmoins, le marché des green bonds a stagné en 2018, le montant des émissions sur l'année étant de 167,6 milliards de dollars (une augmentation de 3,14 % par rapport 2017). Contrairement à 2017, 63 % du volume est issu d'émetteurs réguliers. De nouvelles tendances sont apparues en 2018. L'Asie-Pacifique a enregistré le taux de croissance le plus important sur une année, soit 35 %, et a enregistré le deuxième plus gros volume en 2018 après l'Europe. L'essentiel de la croissance régionale s'explique par le poids croissant des sociétés financières émettrices sur le marché, représentant plus de la moitié des volumes d'émission en Asie-Pacifique en 2018. En 2018, la devise préférée était l'euro, qui représentait 40 % du marché annuel en volume. En 2017, le dollar américain était en tête à 46 % du volume annuel. (CBI (2018d)).

⁷ Correspondent aux obligations émises par les emprunteurs qui reçoivent une note allant de AAA à BBB- par les agences de notation

De plus, les émetteurs souverains ont été prolifiques en 2018, ils représentent 10 % du marché. De plus en plus de pays se lancent dans l'aventure, les obligations vertes des États souverains ont un rôle dans l'écologisation des infrastructures et services publics et contribuent donc en partie au financement des engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris (CBI, 2018d). En février 2018, la Belgique a lancé sa propre obligation verte, elle fait désormais partie des pionniers en la matière (Fiancité, 2018).

3.3 Les différents indices verts

Le marché des obligations vertes comme nous l'avons signalé supra est tout récent. C'est seulement en 2014, lorsqu'il a réellement pris son réel envol, que les premiers indices sont apparus. Ces premiers indices ont été un atout majeur pour les investisseurs qui avaient besoin d'une base de référence afin de suivre le comportement mais aussi de comparer les rendements des différents « green bond » (Ehlers et al, 2016).

En janvier 2014, on assiste à une introduction des principes des obligations vertes par l'International Capital Markets Association (ICMA). Très vite, on a assisté à une croissance rapide des émissions portant un label vert. Au début, les émetteurs étaient principalement des entités liées au gouvernement, mais depuis cette introduction, les sociétés émettrices sont devenues de plus en plus actives, en particulier en Chine. Des agences de notation et des institutions financières ont créé des indices afin de couvrir cette nouvelle catégorie d'obligations vertes. Les indices d'obligations vertes identifient des obligations spécifiques comme étant vertes par le biais d'une méthodologie précise, et permettent également aux investisseurs d'investir dans un portefeuille d'obligations vertes pour diversifier les risques (Ehlers et al, 2016).

Le premier indice a été lancé par Solactive en mars 2014, suivi de près en juillet par Standard & Poors avec son indice S&P Green Bond Index l'indice. Standard & Poors s'est par la suite développé en 2017 avec un nouvel indice le S&P Green Project Bond Index. En fin d'année 2014, la Banque d'Amérique Merrill Lynch a lancé aussi son propre indice qui se nomme le BALM Green Bond Index. Dans la même période, MSCI (Morgan Stanley Capital International) a collaboré avec Barclays pour lancer une famille d'indices liés aux obligations vertes, le Barclays MSCI Green Bond. Ce n'est qu'en 2016, qu'on observe la création du premier indice Chinois avec le China Green Bond Index (GBP, (2018a)).

La Chine reste une exception, en effet, elle a établi ses propres principes en matière d'éligibilité des obligations vertes, lesquels ne sont pas en lien avec les standards internationaux reconnus. Il faut donc faire la distinction entre les Green Bonds chinois qui respectent les standards et ceux qui ne le sont pas. Par exemple, un projet comme la rénovation des centrales à combustibles fossiles ou l'amélioration de l'efficacité énergétique de sources non renouvelables ne sont pas pris en compte par les standards internationaux mais ils rentrent dans le cadre d'éligibilité des standards chinois (CBI (2018b)).

Chacun a sa propre méthodologie pour choisir les composantes de l'indice. Tout en étant conforme aux principes d'obligations vertes, chaque indice spécifie également d'autres facteurs tels que la taille et la liquidité, ainsi que les secteurs d'activités spécifiques pour lesquels les produits sont utilisés. Toutefois, étant donné que de nombreux critères d'inclusion des indices d'obligations vertes sont beaucoup moins concrets que ceux des obligations classiques (tels que les niveaux minimaux de liquidité du marché et les notations de crédit), il reste à voir si les fournisseurs d'indices peuvent surveiller ces critères environnementaux sur une base continue. (Ehlers et al, 2016).

Suite à cela, en 2016, les Principes font référence à des " revues externes " plutôt qu'à une " assurance externe ", tandis que la liste des revues externes recommandées a été élargie pour inclure celle fournie par les agences de notation (ICMA (2017)). Une limitation de la norme CBI et de l'inclusion dans les indices d'obligations vertes est leur nature binaire : une obligation est verte ou non.

Ces différents indices sont toujours mis en place sur le marché actuel. Ils se différencient chacun par des caractéristiques bien précises. Chaque année, la GBP (Green Bonds Principles) sort un document qui reprend les attributs suivants des différents indices.

- Secteur activité
- Le montant et la maturité de l'émission
- Les critères éligibilités verts
- Qualité du crédit
- Le type de coupon
- Les critères exclusions

Ce document a l'avantage d'informer les investisseurs et les émetteurs des obligations vertes afin de se positionner au mieux à l'indice qui leur convient le mieux (GBP, 2018a).

4 L'éligibilité et les principes des Green bonds

4.1 Les green bonds labélisés

Le dernier rapport publié par le Climate Bond Initiative, nous montre la très nette différence entre le marché des « obligations climatiquement alignées » et les obligations conventionnelles. En 2018, les obligations climatiquement alignées composées à la fois d'obligations vertes labellisées et d'un ensemble plus large d'obligations permettant le financement de projets visant à réduire les émissions de carbone représentent plus ou moins 1 % du marché obligataire global. Le montant total de ces émissions depuis 2005 atteint USD 1,45 billions en 2018, soit une augmentation de 60 % par rapport à 2017.

Les émissions sont composées de 389 milliards de dollars d'obligations vertes labellisées et de USD 1,064 billions d'obligations climatiquement alignées mais non labellisées, émises par des émetteurs purs. De plus, 95 % de l'univers des obligations climatiquement alignées ont été émises par des « émetteurs purs », c'est-à-dire des entreprises dont le modèle d'affaires est orienté sur des solutions d'accompagnement à la réalisation des différents ODD (objectifs de développement durable)⁸(CBI (2018a). La montée en puissance de cet univers est encourageante mais il reste encore beaucoup de chemin à parcourir pour réduire nos émissions (CBI ,2018a).

Néanmoins l'appétence des investisseurs pour les obligations vertes s'est considérablement accrue ces dernières années, comme en témoigne la croissance importante des émissions et des mandats institutionnels pour les placements en obligations vertes (IFC, 2018).

Derwall et ses collaborateurs (2011) ont analysé et déduit que les motivations pour investir dans les obligations environnementales peuvent être motivées par un canal. En effet, un investisseur va pouvoir sacrifier une partie de son rendement si son placement est guidé par des considérations éthiques.

⁸ « Les objectifs de développement durable nous donnent la marche à suivre pour parvenir à un avenir meilleur et plus durable pour tous. Ils répondent aux défis mondiaux auxquels nous sommes confrontés, notamment ceux liés à la pauvreté, aux inégalités, au climat, à la dégradation de l'environnement, à la prospérité, à la paix et à la justice. Les objectifs sont interconnectés et, pour ne laisser personne de côté, il est important d'atteindre chacun d'entre eux, et chacune de leurs cibles, d'ici à 2030. »

Zerbib (2018b), soutient les propos de Derwall et ses collaborateurs (2011) et constate que les investisseurs en obligations vertes sont prêts à sacrifier 2 points de base en raison de ces considérations environnementales non financières.

De plus, Riedl et Smeets (2017), Hartzmark et Sussman (2018) constatent empiriquement que les incitations pro-sociales et pro-environnementales des investisseurs augmentent les flux d'investissements socialement responsables dont le moteur psychologique peut être altruisme (Brodback et al, 2018) ou pression sociale (DellaVigna et al, 2012).

4.2 Labellisation des obligations

Nous avons beaucoup insisté sur l'envol potentiel du marché obligataire écologique. Pour que cette croissance se réalise, il est important que les gestionnaires d'actifs et leurs mandants soient en mesure d'identifier les obligations qui présentent réellement des avantages environnementaux ou climatiques. Il est donc primordial de définir les projets qui devraient être admissibles au financement par obligations vertes afin de normaliser le marché. Tout émetteur peut émettre une obligation avec un label vert, même si les projets qui seront financés par le produit de l'émission ne répondent à aucune définition de durabilité (pratique commune en Chine⁹).

Un rapport publié par le Groupe d'experts de haut niveau de l'Union européenne sur le financement durable identifie l'absence d'une définition commune de ce qui constitue une obligation verte et des projets qui devraient être éligibles au financement par obligations vertes comme l'un des deux goulots d'étranglement qui entravent la croissance du marché de l'obligation verte. Le deuxième goulot d'étranglement est l'absence d'un cadre unifié unique pour l'émission de ces obligations vertes (EU HLEG, 2018).

En réponse, un groupe d'experts a été mis sur pied pour analyser le processus l'absence de normalisation sur le marché. Ce groupe proposera début 2019 ses propres normes, sa taxonomie et ses lignes directrices de divulgation afin d'aider au développement du marché des obligations vertes au sein de l'Union européenne. (EU TEG, 2019).

⁹ Le Comité de financement des obligations vertes de la Chine a publié un catalogue de projets approuvés pour les obligations vertes (People's Bank of Distribution of Distribution of Green Bond ratings and amounts issued China (2015)). CBI 2018b

En réponse à cela, plusieurs lignes directrices de l'industrie ont été créées. Les émetteurs peuvent se conformer à ces lignes directrices sur une base volontaire. Faute de force exécutoire, la nature volontaire de l'alignement sur les normes relatives aux obligations vertes a conduit à des normes différentes qui se font concurrence pour l'adoption sur le marché (Park, 2018).

Cette concurrence s'est surtout manifestée au cours des premières années du marché des obligations vertes, de nombreux principes et lignes directrices ayant vu le jour au niveau national. Mais, bien que conduisant à une transparence accrue, cet état de fait n'est pas bénéfique en termes d'harmonisation internationale du marché (Ehlers et al, 2017).

4.2.1 Green Bonds Principles

Suite à leur création en 2004 par l'International Capital Market Association, les principes applicables aux obligations vertes (GBP) sont devenus la norme la plus utilisée sur le marché des green bonds. En 2012, 10,3 % des émissions obligataires vertes s'accordaient sur les GBP contre 63,6 % en 2018. Les GBP se focalisent sur la transparence, l'exactitude, la publication d'informations et apportent un soutien à l'intégrité des obligations vertes sur le marché obligataire en précisant les modalités d'émission. Elles s'appuient sur 4 principes fondamentaux qui fournissent aux émetteurs les principaux éléments devant être réunis pour distinguer une obligation à une obligation verte (IMCA, 2018).

Premièrement, on analyse l'utilisation des fonds levés pour vérifier si les projets verts apportent une plus-value environnementale. Dans cet esprit, les GBP identifient plusieurs catégories d'éligibilité contribuant à la réalisation d'objectifs environnementaux telles que la gestion durable de l'eau, l'efficacité énergétique, la préservation de la biodiversité, l'élaboration de moyen de transport propre et l'atténuation du changement climatique. Dans la mesure du possible, ces avantages devraient être quantifiés (ICMA, 2018).

Ensuite, une obligation verte alignée sur la GBP devrait décrire avec un niveau maximum de transparence le processus d'évaluation et de sélection des projets, en accordant une attention particulière aux objectifs de durabilité environnementale et aux critères d'éligibilité/exclusion des projets financés par le produit de l'obligation (ICMA, (2018).

Le troisième principe reprend les principes de la gestion des fonds. Les GBP demandent aux émetteurs de suivre l'utilisation du produit soit en suivant le solde du produit net, soit en utilisant un sous-compte ou un portefeuille pour les produits non attribués (ICMA, 2018).

Le dernier principe essentiel des GBP est le reporting. Les émetteurs sont tenus de préparer un dossier d'informations actualisé annuellement, afin d'informer les investisseurs sur l'utilisation du produit de l'émission obligataire. Ce rapport devrait donner des indicateurs de performance qualitative ou quantitative sur les différents projets verts dans le but de déceler l'impact environnemental. (GBP, 2018b).

Les GBP sont désormais un élément clé dans la croissance des green bonds et sont devenus indispensables pour de nombreux émetteurs, agences de notation, réviseurs et investisseurs d'obligations vertes (Ehlers et al, 2017)).

4.2.2 Climate bonds initiative

Depuis 2009, l'année de sa création, le Climate Bond Initiative tient à jour une liste et une base de données d'obligations vertes certifiées émises. A ce jour, le CBI a émis 180 obligations vertes certifiées pour un montant de USD 85,4 milliards.¹⁰ Cette organisation a mis au point le Climate Bonds Standards qui est l'équivalent des GBP (Ehlers et al, 2017).

Il est tout de même important de notifier que les règles mises en place par la CBI sont plus robustes et efficaces que les principes des obligations vertes. La différence majeure se fait au niveau de l'émetteur, il doit se confronter à la CBI qui exige un niveau de détail plus élevé et un maintien des exigences plus strictes concernant l'admissibilité des projets proposés (CBI, 2018a).

¹⁰ <https://www.climatebonds.net/certification/certified-bonds>

La certification CBI, contrairement à la GBP, est divisée en exigences pré-émission et post-émission. Durant la post-émission, l'obligation doit respecter 4 exigences : (i) l'utilisation de la documentation sur le produit de l'émission, (ii) un processus transparent d'évaluation et de sélection des projets et des actifs, (iii) la gestion du produit de l'émission et (iiii) la présentation de rapports préalables à l'émission. Cependant, pour s'assurer de l'éligibilité et de la validité du rapport la CBI exige l'audit d'un examinateur externe (CBI, 2018a).

Concernant la post-émission, la CBI a aussi établi 4 exigences à suivre. Durant ce processus, la CBI met l'accent sur le suivi de l'impact de la green bonds. L'émetteur est obligé d'indiquer à quels projets il va assigner le produit de l'émission. Tout comme les GBP, l'émetteur doit fournir des évaluations qualitatives et si possible quantitatives des indicateurs de performance du projet, à la différence que ceux-ci doivent être revus par un examinateur externe approuvé par le CBI (CBI, 2018a).

Toutefois, il est obligatoire que toutes les exigences soient vérifiées et remplies par un audit externe. L'émetteur peut aussi choisir de se faire certifier par la CBI, mais cela implique un coût d'un dixième de point de base en plus que l'examen externe. L'objectif de cette certification obligatoire est de fournir aux investisseurs, aux gouvernements et aux autres parties prenantes, la sécurité que les obligations certifiées par le CBI soient émises dans le but de travailler vers une économie à faible émission de carbone et résistante au climat (CBI, 2018a).

5 Revue littérature.

Cette section donne un aperçu des études scientifiques réalisées sur les obligations vertes dans l'optique de les comparer aux obligations conventionnelles. C'est une étape importante car ces caractéristiques vont avoir un impact sur les performances d'un portefeuille composé d'obligations vertes et conventionnelles.

Premièrement nous allons nous intéresser à l'impact de la performance environnementale des entreprises sur la performance financière. La deuxième sous-section résume les recherches antérieures sur l'existence d'une prime (un écart de rendement) liée aux obligations vertes. La troisième section donne un bref aperçu de la documentation sur les risques de défaut de l'instrument vert.

Pour finir, nous expliquons l'influence en termes de risque et de rendement d'un label vert dans un portefeuille d'investisseurs.¹¹ Nous terminons cette revue littéraire avec des informations concernant l'influence de performance des actifs verts dans un portefeuille quelconque.

5.1 Performance sociale au sein d'une entreprise.

Pour commencer cette section, nous allons d'abord nous intéresser aux effets de la performance sociale pour une entreprise. Plusieurs auteurs dans la littérature ont analysé les effets liés à une bonne gestion environnementale et ces différentes analyses n'aboutissent pas au même résultat. Néanmoins, les articles publiés suggèrent que la performance sociale des entreprises (PSE) a un impact positif sur la performance financière de celle-ci.

Tout d'abord, plusieurs auteurs ont montré qu'une bonne PSE (Dhaliwal et al., 2011) ou une entreprise avec un faible impact environnemental (Chava, 2014) est positivement corrélée à un moindre coût des capitaux propres. Zerbib (2018b) s'est posé la question de savoir

¹¹ Dans la littérature on retrouve peu d'informations sur l'impact des green bonds dans un portefeuille conventionnel. Nous avons donc élargi nos recherches à d'autres type d'investissements verts.

si ces résultats sont inéluctablement ou pas transférables au marché de la dette. Selon lui, les résultats concernant des actions ne sont pas transférables au marché de la dette.

En effet, Ge et Liu (2015) et Merton R (1973) démontrent que les obligations ont un taux de rendement plus faible que les actions, et qu'il est donc crucial pour un porteur d'obligations d'analyser et d'évaluer le risque à la baisse. Ce besoin d'assurance contre un risque de défaut est donc un argument de poids pour ce profil d'investisseur. Des recherches antérieures ont démontré que l'amélioration de la PSE conduit à de meilleures notations de crédit et réduit le risque de défaut des entreprises (Sun et Cui, 2014).

De plus, la pression exercée sur les entreprises par un porteur d'obligations est plus forte étant donné que ces créances sont souvent détenues par des investisseurs institutionnels. Les entreprises sont donc plus sensibles et accordent plus d'attention étant donné que les établissements institutionnels disposent de moyens plus conséquents qui leur permettent d'accéder à des capacités avancées d'analyse de risques (Oikonomou et al, 2014).

Pour finir Zerbib (2018a) dans un autre ouvrage, démontre au biais de plusieurs études que les entreprises plus responsables socialement encaissent un avantage de 7 à 18 points de base par rapport aux entreprises ayant un faible score. Pour ces diverses raisons, il est donc pertinent pour un acteur du marché obligataire d'opter pour l'investissement socialement responsable.

Cependant, comme énoncé supra, les résultats sur ces études sont sans équivoque. D'autres auteurs, affirment que la responsabilité sociale des entreprises est un gaspillage de ressources qui influence négativement la performance de l'entreprise car il augmente le coût de la dette (Magnanelli et Izzo, 2017). Au niveau du marché Stellner et ses collaborateurs (2015) démontrent avec un taux faiblement significatif que la bonne performance sociale des entreprises ne réduit pas à chaque fois le risque de crédit. Sur le marché Européen, Menz (2010) observe un spread de crédit plus important lorsqu'il s'agit d'entreprises socialement responsables.

5.2 Prime de rendement.

Contrairement aux analyses des différents auteurs supra, la performance sociale d'une entreprise émettrice n'influence pas le rendement d'une obligation verte. L'étiquette de la green bonds est associée aux différents projets financés et au type d'émetteur. De ce fait, nous pouvons comparer les rendements et le risque d'une obligation conventionnelle par rapport à une obligation verte.

Pour observer cet écart de rendement entre une obligation verte et brune, des scientifiques ont comparé les instruments en fonction de leurs caractéristiques d'émission : tels que la date d'échéance, les taux d'intérêt nominaux, l'exigibilité de l'obligation et l'ancienneté. De plus, de nombreuses études soutiennent que la liquidité des obligations est la solution à ce que l'on appelle le " casse-tête des écarts de taux ". A travers cette section, nous allons débriefer ces différentes études pour déceler s'il existe une prime liée aux obligations vertes.

5.2.1 Marché primaire.

On va d'abord s'intéresser au marché primaire pour observer s'il existe une différence entre les 2 instruments financiers sur le marché primaire. Ehlers et Packer (2017) étudient sur ce sujet entre 2014 et 2017 sur un échantillon de 21 obligations émises par une même société. Il constate une prime moyenne négative des obligations vertes de 18 points de base par rapport aux obligations conventionnelles. Il présuppose que la demande excédentaire des investisseurs par rapport à l'offre est à la cause de cette prime négative.

Cependant, certains organismes se sont penchés sur la question de différence de rendement sur le marché primaire. Ni HSBC (2016) ni CBI (2017) n'ont observé une prime négative. Selon eux il n'y aucune différence significative qui permet de déduire que les investisseurs sont prêts à payer une prime pour acquérir l'instrument financier vert à son émission.¹²

¹² L'OECD (2017) et I4CE (2016) ont aussi confirmé ces résultats.

5.2.2 Marché secondaire.

D'autres auteurs se sont concentrés sur l'écart de rendement mais uniquement sur le marché secondaire. Le rapport de Barclays (2015) constate suite à une régression MCO de l'écart de taux entre les 2 instruments une prime négative de 17 points de base entre mars 2014 et mars 2015.

Zerbib (2018a) a étudié également la prime des obligations vertes sur le marché secondaire mais avec une méthodologie différente. Il a calculé le rendement d'une obligation conventionnelle synthétique ayant la même échéance que l'obligation verte en tenant compte des différences de liquidité entre les obligations vertes et conventionnelles. Il est arrivé à un résultat de -2 points de base de prime pour les green bonds¹³.

Zerbib est l'un des rares scientifiques qui analysent les causes de l'écart de prime des obligations vertes. Il montre que les déterminants de cette prime négative sont essentiellement dûs à leur notation et au type d'émetteur. Au fur à mesure que la notation diminue, l'écart de rentabilité devient de plus en plus prononcé. Les résultats sont repris dans le tableau ci-dessous :

Notation	Prime des obligations vertes
Rating AA	-0.022
Rating A	-0.023
Rating BBB	-0,040
Rating BB	-0,194

Nationale Nederlanden Investment Partners (2018) s'est aussi intéressé au calcul de l'écart entre l'instrument vert et le conventionnel. L'organisme néerlandais a utilisé un échantillon de 27 obligations entre 2014 et 2017. Il identifie un écart de -1,1 point de base en faveur des green bonds. L'inadéquation entre l'offre et la demande sur le marché est la principale explication de cette prime négative. Tout comme Zerbib (2018a), cet organisme s'est penché sur la prime des obligations vertes en fonctions de leur notation. Les résultats de cette étude se trouvent en Annexe 7.

¹³ L'étude comporte des variations considérables au sein de l'échantillon

Wulandari et ses collaborateurs 2018 approfondissent l'argument trouvent d'autres raisons quant à cette prime négative. Selon eux, cette différence est issue de 2 raisons. Premièrement, la pénurie de l'offre entraîne une augmentation des prix de l'obligation verte qui entraîne une prime de liquidité plutôt qu'une augmentation sur le rendement. Malgré cela, ils observent que cette prime de liquidité diminue suite à la réduction annuelle de l'écart entre l'offre et la demande.

Deuxièmement, la prime décroissante au fil du temps est la conséquence de la maturité croissante du marché des obligations vertes et l'augmentation des prix des obligations. La maturité croissante du marché est due à l'achat d'investisseurs qui ne se soucient pas de la liquidité des obligations. Ils souhaitent généralement la conserver jusqu'à son échéance ce qui impacte la volatilité de l'achat et de la détention de placements sur le marché secondaire et qui entraîne une baisse du rendement de l'obligation.

5.2.3 Marché des obligations municipales américaine.

Certains auteurs ont focalisé leur analyse en se basant sur les obligations municipales¹⁴ vertes américaines. Ces obligations ont la particularité de dépasser largement le cadre strict des green bonds respectant les Green Bond Principles.

Partridge & Medda (2018) étudient l'existence de cette prime via une analyse de courbe de rendement sur le marché primaire et secondaire. Ils observent une prime négative moyenne de -3 points pour le marché primaire et de -5 points de base pour le marché secondaire entre 2015-2017. Mais cette prime a tendance à augmenter progressivement au fil des ans. Ils ont également analysé l'écart de rendement entre des obligations vertes et vanilla¹⁵ qui avaient des contreparties directes communes (mêmes conditions et même émetteur), et ont observé également une prime négative de la même teneur que sur les marchés primaire et secondaire.

¹⁴ « Une obligation municipale désigne un titre de dettes émis par des organismes d'Etat, des collectivités ou encore des entreprises agissant dans le secteur public. Les obligations municipales sont émises en Amérique du Nord. Ces obligations, aussi appelées munis, trouvent une grande part de leur intérêt dans un faible risque et une fiscalité très avantageuse. Les municipal bonds sont exemptés d'impôt fédération, et parfois de fiscalité locale. » <https://www.edubourse.com/lexique/obligation-municipale.php>

¹⁵ « C'est la version la plus élémentaire ou standard d'un instrument financier, généralement des options, des obligations, des contrats à terme standardisés et des swaps. »

Karpf et Mandel (2018) se sont également concentrés sur ce segment de marché. A partir d'un échantillon de 1880 obligations, ils relatent une prime positive moyenne de 7,8 points de base pour les obligations vertes entre 2010 et 2016 mais tout comme Partridge & Medda (2018), ils constatent une prime négative entre 2015 et 2016. Cet écart s'explique par des différences dans les caractéristiques fondamentales des obligations conventionnelles et des obligations vertes.

5.2.4 Marché des obligations vertes certifiées.

Certains organismes travaillent tous les jours pour améliorer la transparence du marché des obligations vertes grâce à l'inclusion de normes à respecter. Ces diverses règles mise en place notamment par la CBI ou GBP sont utile pour certifier le label vert de l'obligation.

Baker et ses collaborateurs (2018), se sont penchés sur la prime de ces obligations vertes certifiées sur le marché américain. La prime négative par rapport à une obligation conventionnelle est en moyenne plus élevée lorsqu'il s'agit d'instrument vert certifié. Ils calculent une prime négative moyenne de -13,9 points de base dans le cas de label vert certifié et de -5,4 point base pour les obligations vertes. Ce résultat suggère que les investisseurs ne veulent pas nécessairement investir dans des obligations vertes pour le label, mais qu'ils accordent également de l'importance à la traçabilité et aux examens externes. Ils constatent que contrairement aux obligations dites conventionnelles, l'instrument vert rassemble un public spécifique. Ce public préfère se positionner au long terme pour obtenir un degré de propriété plus élevé au détriment d'un rendement plus avantageux. Cette constatation rejoint les conclusions présentées par Flammer (2018) et Fama et French (2007).

Selon Flammer (2018) un public attiré par des objectifs à long terme avec des considérations environnementales importante (comme les grands investisseurs institutionnels) sera toujours friand de projets verts émis par des entreprises.

Tandis que Fama et French (2007) démontrent dans des travaux antérieurs que lorsqu'un groupe d'investisseurs à un intérêt pour un certain type d'actifs, les prix d'équilibre changent et le modèle d'évaluation des immobilisations n'explique pas le rendement des actifs. Pour les investisseurs, une prime plus basse ne devrait pas constituer un différentiel suffisant susceptible de les décourager d'investir dans des obligations vertes.

5.3 Risque attaché à l'obligation verte.

Nous avons passé en revue plusieurs études concernant la différence de prime entre une obligation conventionnelle et une obligation verte. Majoritairement, les auteurs ont constaté une prime négative attachée à l'instrument vert. Selon eux, la conséquence de cette prime est due d'une part à l'inadéquation entre l'offre et la demande et d'autre part dû au comportement d'investisseurs recherchant des investissements avec un impact écologique mesurable sur le long terme. Néanmoins il est légitime de se demander si ce rendement négatif ne provient pas d'un niveau de risque plus faible de la part des green bonds.

Zerbib (2018a), observe que les obligations vertes ont une liquidité plus importante que les obligations brunes. Il a ensuite vérifié si la volatilité avait un impact sur le risque attaché aux green bonds. Il n'a détecté aucune preuve qu'une différence de volatilité est incorporée dans l'écart de rendement entre les obligations vertes et les obligations conventionnelles. Ce résultat indique que la prime de l'obligation verte devrait être différente d'une prime de risque.

Bachelet et ses collaborateurs (2019), ont analysé sur un échantillon de 89 obligations vertes qui présentaient le même risque de crédit, les mêmes caractéristiques que les obligations brunes. Ils ont observé qu'elles étaient exposées aux mêmes chocs du marché. Ainsi, leurs rendements ne diffèrent pas en raison du risque de crédit et du risque de marché.

S&P (2019) se sont entretenus avec des investisseurs. Selon eux la plupart des obligations vertes émises jusqu'à présent comportent des clauses de défaut croisé avec les obligations brunes. Beaucoup n'ont pas non plus d'ancienneté et sont « pari passu »¹⁶ avec la dette des obligations brunes. Par conséquent, un défaut dans une obligation déclenchera un défaut dans toutes les obligations. Sans différence d'ancienneté et de rang, les investisseurs en obligations vertes partagent le même risque avec les détenteurs d'obligations vanille, mais à un rendement moindre.

Certains auteurs se sont penchés sur les risques autres que financiers attachés aux obligations vertes. Contrairement aux obligations conventionnelles, les obligations vertes souffrent du risque lié à un risque de dégradation de l'environnement et de réputation. Ces deux risques peuvent devenir un obstacle à la réalisation du projet et donc créer un risque de défaut

¹⁶ Pari-passu est une expression latine qui signifie " pied d'égalité " et qui décrit des situations où deux ou plusieurs biens, titres, créanciers ou obligations sont gérés de façon égale sans préférence.

(EU TEG, 2019). Néanmoins l'évaluation des risques environnementaux liés aux obligations vertes, tant sur le plan matériel que sur celui de la réputation, demeure un ensemble de pratiques en évolution. Il n'y a pas de consensus sur la meilleure façon de déterminer la possibilité que les objectifs écologiques ne soient pas atteints. Il n'y a pas non plus d'accord sur les sanctions en cas de "défaut vert" - il n'y a même pas d'accord sur la question de savoir s'il devrait y avoir des sanctions formelles du tout (Bigger, 2017).

De plus Flammer (2018), soutient que les obligations vertes pourraient être une forme d'écoblanchiment et donc former un risque sur le marché des obligations vertes. En émettant une obligation verte, un émetteur peut récolter les fruits de sa réputation sans pour autant investir le produit de son émission dans des projets durables. En d'autres termes, les obligations qui se qualifient d'obligations vertes mais qui ne fournissent aucune source de vérification externe de cette verdeur sont considérées comme plus risquées que les obligations conventionnelles similaires. En raison de cette perception du risque, l'examen externe est un signal important pour les investisseurs désireux d'investir dans des obligations vertes.

Pour finir, Pham (2016), prouve qu'il existe entre 2010 et 2015 un débordement de volatilité variable des obligations vertes et le marché des obligations classiques, où les segments " étiquetés " et " sans nom " sont tous deux positivement corrélés au marché des obligations classiques.

5.4 Performance des obligations vertes dans un portefeuille.

Bello (2005) s'est intéressé à l'impact de diversifications et des rendements d'investissements socialement responsables sur un portefeuille d'actifs. Son échantillon rassemble des fonds actions verts en les comparant à des fonds conventionnels. Il constate que les caractéristiques tels que la concentration du portefeuille et les avoirs totaux du portefeuille ne sont pas non plus très différents des placements conventionnels.

Baker et ses collaborateurs (2018) ont analysé l'allocation des obligations vertes dans un portefeuille mixte. Ils observent que la pondération des obligations vertes à faible risque dans un portefeuille mixte est très élevée en raison de l'aversion pour le risque des investisseurs.

Snider (2015) constate qu'une utilisation d'un investisseur possédant de l'information asymétrique sur le marché permet de réduire la volatilité du portefeuille. Par conséquent, ces

avantages peuvent en fait contribuer à améliorer la gestion des risques et le rendement d'un portefeuille.

Phalm (2016) a démontré qu'il était possible de réduire le risque en construisant un portefeuille vert et brun optimal, en minimisant le risque. Toutefois, la variabilité des ratios de couverture estimés entre le marché des obligations vertes et le marché des obligations classiques indique que la composition optimale du portefeuille nécessite des mises à jour fréquentes.

6 Récolte des données

Afin de pouvoir comparer dans notre étude, les obligations vertes et les obligations conventionnelles, nous construisons une base de données contenant de l'information financière sur ces 2 instruments. Néanmoins, construire une base de données contenant des obligations vertes est un défi en raison de l'absence de critère commun d'exigibilité pour le label vert. Pour pallier ce problème, nous avons décidé de suivre uniquement les émissions de titres (et non de fonds) d'un grand fournisseur, le Climate Bond Initiative. En effet, CBI est un des rares indices verts à exiger que tous leurs titres soient alignés sur le GBP. L'échantillon couvre une partie de la taxonomie globale de l'univers des green bonds.

Par manque d'accessibilité à certaines bases de données très complètes sur le marché des green bonds tel que Green Bond Database by Environmental Finance ou Bloomberg, nous avons utilisé la base de données de Morningstar comme point de départ pour la construction de l'ensemble de nos données. Le fait de se baser uniquement sur l'indice CBI nous permet de lutter contre le biais de l'échantillon, nous nous concentrons uniquement vers des obligations vertes de haute qualité en excluant les obligations qui ne sont pas alignées en GBP.

N'ayant pas d'accès à la base de données CBI, le travail de recherche des titres est d'abord passé par une étape préliminaire consistant à récupérer les codes ISIN des émissions d'obligations vertes de CBI. Ensuite, nous avons recherché ces codes dans la base de données de Morningstar afin d'avoir les données financières de bases sur les obligations vertes.

La base de données fait état de 62 obligations, mais seulement 22 obligations contiennent informations nécessaires pour nous permettre de constituer une analyse objective. Nous avons dans notre base de données 11 obligations vertes et le même nombre d'obligations brunes afin de pouvoir constituer des portefeuilles de taille équivalente. Une considération importante est que Morningstar possède uniquement un historique des rendements mensuels des différentes obligations. Il est donc impossible pour nous d'analyser des données à caractère journalier.

De plus, nous avons fait le choix de prendre dans notre base de données des obligations émises en EUR afin d'éviter un biais de fluctuations de monnaie. Toutes nos obligations ont été émises entre 2012 et 2015. Ceci explique la faible quantité d'obligations vertes dans notre base de données étant donné que le marché des obligations vertes certifiées ne s'est développé qu'en 2014.

7 Méthode empirique

Notre recherche consiste à comparer la performance des obligations vertes à la performance des obligations conventionnelles dans le portefeuille d'un investisseur. Pour cela nous avons articulé notre recherche en 3 parties.

Tout au long de notre analyse, nous avons utilisé le programme R pour produire nos résultats. Nous avons introduit différentes fonctions dans le code du logiciel, celui-ci se trouvant en annexe de notre travail. De plus, étant donné que certaines observations étaient indisponibles pour la période 2015-2016, nous avons interpolé certaines données en respectant les caractéristiques de chaque variable. Afin d'éviter de livrer des résultats biaisés, nous avons également appliqué cette même méthodologie à la période 2016-2019

Premièrement, nous construirons 2 échantillons distincts, à savoir les verts et les conventionnels, dans le but de comparer leur performance. L'objectif de cette analyse est de démontrer l'existence ou non d'une prime de rendement et d'un risque attaché aux green bonds. Ensuite, nous allons constituer 2 types de portefeuilles. Premièrement nous allons calculer un portefeuille efficient ciblant un minimum de risque (GMPV). Par la suite, nous construirons un portefeuille tangent en tenant compte d'un actif additionnel et sans risque rf^{17} .

Ensuite, nous établirons un échantillon commun dit mixte, avec les obligations vertes et conventionnelles. Avec cet échantillon nous établirons les mêmes portefeuilles que dans la première partie de notre analyse. L'objectif est de déceler si les obligations vertes ont une importance lors de la constitution des 2 portefeuilles efficients. Nous avons également, dans un deuxième temps, omis les variables les plus performantes de notre échantillon afin que nos observations ne soient pas influencées par une surperformance d'un actif.

Pour finir, la littérature existante, nous a permis de dresser un profil des acteurs du marché vert. Selon Baker et ses collaborateurs (2018) ainsi que Flammer (2018), ces acteurs ont tendance à garder leurs titres et donc éviter d'opter pour une stratégie de short-selling. Dans cette optique, nous avons rajouté à notre analyse des portefeuilles sans vente à découvert.

Dans la troisième partie de notre analyse, nous avons établi 2 portefeuilles avec un degré différent de granularité du label. Après avoir composé ces 2 groupes, l'idée est de

¹⁷ U.S 10 year treasury bond

comparer l'influence des performances des obligations vertes par rapport aux obligations brunes dans un portefeuille. Pour cela, nous allons nous baser sur nos démarches effectuées dans la première partie de notre travail en utilisant un portefeuille efficient et tangent. Pour finir nous appliquerons le ratio de Sharpe afin d'avoir un indicateur de performance pour comparer les 2 échantillons.

Pour finir, nous appliquerons sur nos 3 échantillons¹⁸ l'alpha de Michael C. Jensen¹⁹ basé sur le modèle CAPM (Sharpe (1964)) afin d'évaluer la performance de nos échantillons à travers le temps par rapport à la performance du marché.

$$\alpha_i^J = E_i - R_f - \beta_i \times (E_M - R_f)_{20}$$

¹⁸ Echantillon mixte et les 2 échantillons composés avec une granularité différente

¹⁹ Calculé sur différentes périodes (en review window) de 24 observations, cela équivaut à 2 années.

²⁰ L'indice de marché choisi est le Dow Jones bonds (donné via macrobonds).

8 Résultat empirique

8.1 Comparaison des portefeuilles purement verts et conventionnels

Notre première étape consiste à comparer les rendements et la variance des 11 obligations vertes et conventionnelles. Dans le tableau 2, on observe ces différences pour 2 périodes différentes. Durant la période 2015-2019, les obligations vertes ont un rendement moyen de 1,92 % alors que les obligations conventionnelles obtiennent un rendement de 2,30 %. Nous observons donc comme Zerbib (2018), Barclays (2015) et d'autres scientifiques, une prime négative attachée au label vert. Néanmoins notre prime négative observée est plus importante, elle s'élève à 38 points de base. De plus, certaines obligations vertes souffrent d'une volatilité plus forte. Cette volatilité impacte la moyenne de notre échantillon et rend en moyenne notre échantillon vert plus risqué que le conventionnel.

Tableau 2 : Moyenne des rendements et variances des obligations vertes et conventionnelles.

	Rendement	Variance
Obligations vertes 15-19	0.01920594	0.01333707
Obligations conv 15-19	0.0230506	0.007333528
Obligations vertes 16-19	0.02163591	0.01172702
Obligations conv 16-19	0.02258377	0.005363889

Cependant, étant donné le manque d'information que nous disposions pour l'année 2015, nous avons interpolé différentes valeurs sur cette période. Il est donc possible que nos données de 2015 créent un biais dans les valeurs des obligations. Nous avons donc fait la même démarche pour la période 2016-2019 afin de vérifier si la période 2015 créait un biais dans nos résultats. Nous constatons, au moyen du tableau 1 en annexe, que les green bonds ont un meilleur rendement mais elles souffrent toujours en moyenne d'une prime négative mais moins élevée que la période précédente. La prime négative s'élève à 9 points de base soit une différence de 27 points de base par rapport à notre première période de référence. La volatilité moyenne des deux instruments a aussi diminué mais l'écart de volatilité entre le label vert et brun reste à même proportion.

Nous avons ensuite analysé les différences de corrélations entre chaque obligation de nos échantillons. On remarque que les obligations conventionnelles sont plus corrélées entre elles que les green bonds. On observe aussi qu'il y a des corrélations négatives plus fréquentes entre les green bonds. Au vu de leur plus faible corrélation, les obligations vertes permettent de réaliser une meilleure diversification au sein d'un portefeuille et donc de réduire le risque lors de la constitution d'un portefeuille efficient.

Dans le tableau 3, on peut observer les performances des portefeuilles uniquement composés d'obligations vertes ou conventionnelles en ciblant la variance minimum. Pour les 2 périodes étudiées, nous faisons le même constat. Les portefeuilles composés d'obligations brunes ont un rendement supérieur mais une variance plus grande. Néanmoins, contrairement au portefeuille vert nous notons une différence importante de rendement pour le portefeuille conventionnel entre les deux périodes étudiées. Pour la période 2015-2016 nous avons interpolé des données car nous manquions d'information dans nos données. Ce manque de données peut être à l'origine d'un biais et influencer le rendement de notre portefeuille. Néanmoins, depuis 2015, le marché global des obligations chute progressivement d'année en année. Il est donc possible que ce facteur influence aussi négativement le rendement des obligations conventionnelles.

Tableau 3 : Les portefeuilles verts et bruns efficient visant un minimum de variance.

	Rendement	Variance
GMVP vert 15-19	0.002193809	2.801438e-05
GMVP conv 15-19	0.003862493	5.665168e-05
GMVP conv 16-19	0.002207502	3.641148e-05
GMVP vert 16-19	0.001918714	1.310731e-05

Au niveau de la répartition du poids de chaque obligation (voir tableau 5 et 6 en annexe) dans le portefeuille, on a observé une similarité au niveau de la composition des 2 instruments sur la période 2015-2019. Chaque portefeuille investit principalement dans 4 obligations sur 11. Ces 4 obligations performantes représentent plus de 90 % du portefeuille.

Pour l'échantillon vert, les 4 obligations qui composent les portefeuilles sont DBOJ, BRCK, GOT et SHANK. Chaque obligation a des caractéristiques différentes pour composer un portefeuille diversifié. DBOJ et SHANK sont associés à un risque très faible. GOT a une corrélation négative avec les autres green bond, il réagit très rarement dans le sens des autres

obligations. EIB a également une corrélation faible mais il est également intéressant au niveau du rendement.

Nous faisons les mêmes recherches pour les obligations conventionnelles. Nous remarquons que les 4 obligations choisies, réagissent de la même façon que les obligations vertes. Les répartitions sont plus homogènes dans notre échantillon brun. Nous comptons également 2 obligations choisies pour leur faible risque (NYL et BPCE), 1 obligation avec une corrélation négative et un bon rendement (PHIP) et pour finir 1 obligation avec une faible corrélation.

Grâce à cette observation, nous pouvons faire un lien avec les travaux de Bachelet (2019). Il affirme que les obligations vertes se comportent de la même façon que les obligations conventionnelles lors de la constitution d'un portefeuille.

On constate également un même taux de short-selling de l'ordre de 10% dans les portefeuilles vert et brun. Sur la période 2016-2019, on observe aucun changement notable dans la composition du portefeuille conventionnel contrairement au portefeuille vert. L'obligation DBOJ compose 87 % du portefeuille. La cause de ce changement est la surperformance en termes de variance et de covariance de cette obligation sur cette période.

Néanmoins, au vu des résultats du tableau 2 on pouvait s'attendre à ce que le portefeuille vert soit moins efficient que le portefeuille conventionnel en termes de risque. Le risque moins important du portefeuille GMVP vert s'explique par sa composition. Les obligations SHANK et DBOJ qui composent 80 % du portefeuille possèdent une variance minime comparée à l'ensemble de notre échantillon. Elles ont également une corrélation plus faible que les autres green bonds. C'est un argument de poids car il est important de choisir des actifs ayant une déviation standard inférieure à la déviation standard des actifs individuels pour réduire la volatilité d'un portefeuille.

Ensuite le tableau 4 est une réplique du tableau 3 à la différence qu'il reprend les informations des portefeuilles tangents calculées dans R. Nous constatons que les portefeuilles tangents suivent la même tendance que les GMVP. Nous avons un rendement plus important pour le portefeuille brun de l'ordre de 1,03 % contre 0,44 % pour le portefeuille vert. Néanmoins on observe un risque plus faible pour le portefeuille vert.

Tableau 4 : Les portefeuilles verts et conventionnels tangents.

	Rendement	Variance
Tangent vert 15-19	0.004470843	4.322862e-05
Tangent conv 15-19	0.01033993	0.000119257
Tangent conv 16-19	0.002207502	3.641148e-05
Tangent vert 16-19	0.001918714	1.310731e-05

Les allocations (voir annexe tableau 5 et 6) sont réparties entre 4 obligations pour l'échantillon brun et 3 pour le label vert. On remarque que les obligations sélectionnées dans le cas d'un portefeuille tangent sont presque identiques à celles choisies dans le portefeuille GMVP. Pour les obligations conventionnelles, on observe une allocation de 38 % pour les obligations SWISS et BPCE. PHIP augmente également son allocation de 12% par rapport au portefeuille GMVP, soit un total de 27 %. Il est logique que nos portefeuilles tangents accordent des plus grandes allocations attachées (une stratégie de diversification plus intense) à chaque obligation. En effet, avec l'utilisation d'un actif sans risque dans le portefeuille, on gère plus facilement le risque, on peut donc se permettre de diversifier plus agressivement.

Néanmoins, on observe un changement notable avec l'allocation de NEST7 et de NYL dans le portefeuille tangent. NEST7 qui avait une faible allocation (1,5%) dans le portefeuille GMVP à désormais une allocation de 15 % dans le portefeuille tangent. En ce qui concerne NYL, on se trouve dans la situation inverse. Cette obligation a une allocation de 28,5% dans le portefeuille GMVP et -1% pour le portefeuille. L'explication de ces changements se trouvent dans les caractéristiques attachées à chaque obligation. Dans le cas d'un portefeuille tangent, on se focalise plus le rendement alors que dans le cas du portefeuille GMVP on accorde plus d'importance à la minimisation du risque.

Nous nous sommes donc demandé, si l'échantillon vert réagissait de la même façon que l'échantillon conventionnel dans la construction d'un portefeuille tangent. Nous remarquons qu'il agit de manière identique. En effet, nous observons un changement notable entre 2 instruments verts. D'une part, BRCK augmente considérablement son allocation dans le portefeuille tangent. Il passe de 1,2 % dans le GMVP à 17 % dans le tangent. D'autre part, GOT réagit pareillement que NYL. Son allocation diminue dans le portefeuille. C'est encore un élément qui nous confirme que les obligations vertes réagissent de la même façon que les obligations conventionnelles lors de la constitution d'un portefeuille (Bachelet, 2019).

8.2 Portefeuille mixte.

Le tableau 7 rassemble les données relatives aux portefeuilles tangents et GMVP contenant des obligations vertes et conventionnelles. Si on compare de manière globale les portefeuilles efficients communs aux portefeuilles bruns et verts, on peut remarquer que ceux-ci ont un rendement qui se trouve entre le rendement des échantillons conventionnels et verts mais avec un niveau de risque beaucoup plus faible. Le portefeuille mixte est donc plus performant que les portefeuille unis. Le ratio de Sharpe (tableau 13 en annexe) nous confirme la surperformance en termes de rendement marginal par unité de risque du portefeuille mixte. Néanmoins, il est logique que le portefeuille mixte soit plus performant au niveau du risque car il est composé de 22 obligations. Il offre plus de possibilités de diversifications.

Tableau 7 : Portefeuilles mix tangent et GMPV.

	Tangent mix	GMPV mix
Rendement	0.0087134	0.003272671
Variance	2.808779e-05	1.38222e-05
Poids	Conventionnelle	
HEID	-2.703855e-06	0.0027975119
IRDL	0.005411042	-0.0064706908
ING	0,09024306	-0.0005782618
SWIS	0,1334656	0.1126413650
BPCE	0,2071011	0.1173555469
NEST...6	-0,1328423	-0.0463671424
NEST...7	0,1444284	0.0388912167
GAZ	0,006742346	-0.0057876834
NYL	-0,1637459e	0.0947078377
IRLD	-0,004797192	-0.0196291453
PHIP	0,1108186	0.0487108295
	Green	
VERD	0,005401300	0.0163543351
KREK	-0,4495298	-0.1039246890
HERA	0,005861686	0.0001563895
DOBJ	0,6257219	0.3066368704
ING	-0,003051306	-0.0023628930
UNR	-0,05347020	-0.0146830754
VEW	-0,004721235	-0.0011579126
BRCK	0,1079836	-0.0443233786

GOT	0,04227142	0.0922988855
EIB	0,05292822	0.0365206037
SHANK	0,2251706	0.3782134803

Il est intéressant de regarder le poids total que représente les obligations conventionnelles et vertes dans chaque portefeuille efficient afin de déterminer si le label vert est utile dans l'optique d'une diversification d'un portefeuille.

Au niveau du portefeuille tangent, on remarque que les obligations vertes ont un rôle majeur dans la composition du portefeuille. On alloue 60 % de notre portefeuille aux obligations vertes et 40 % aux les conventionnelles. On retrouve dans les allocations purement vertes et conventionnelles plus ou moins la même répartition que dans les portefeuilles unis : SHANK et DBOJ jouent toujours un rôle majeur.

Néanmoins, on remarque un changement notable pour 2 obligations vertes. BRCK a augmenté son allocation de 70 % et KREK short sales 50 % en plus par rapport au portefeuille purement vert. Ces différences s'expliquent par la corrélation de ces 2 actifs avec les obligations brunes. BRCK a une corrélation très faible, il représente donc un bon outil de diversification alors que KREK a une corrélation plus forte avec les obligations brune. Il a une corrélation supérieure à 0,6 avec 6 instruments bruns. C'est donc une obligation qui n'est pas performante pour diversifier un portefeuille. En général, on remarque que la corrélation entre les obligations vertes et brunes est plus faible que la corrélation qu'elles possèdent entre elles.

Au niveau du GMVP, on constate la même tendance au niveau de l'allocation que le portefeuille tangent mixte. Nous observons premièrement une allocation plus importante pour le label vert et deuxièmement les obligations DBOJ et SHANK sont les principaux acteurs de ce portefeuille.

Dans le cadre de la constitution de portefeuilles efficients, les obligations vertes avec une faible variance ont une allocation très importante. En plus, de leur faible risque, elles sont également faiblement corrélées aux obligations conventionnelles. Baker et ses collaborateurs (2018) ont également fait le même constat dans leurs recherches.

Néanmoins, nous nous sommes demandé si ces allocations importantes n'étaient pas biaisées par la surperformance des actifs DBOJ et SHANK. Nous avons répété le procédé en omettant ces 2 variables.

Si on examine ces nouveaux portefeuilles représentés ci-dessous dans le tableau 9, on remarque des changements dans l'allocation des obligations vertes dans les portefeuilles. Au niveau du GMPV, on constate une parité toujours existante au niveau du poids total de chaque label. Il y a une allocation de 40 % pour les green bonds et 60 % pour les conventionnelles. Dans le portefeuille précédent on observait la parité inverse. Malgré l'omission des 2 obligations vertes performantes, on alloue encore une bonne partie de notre portefeuille aux green bonds. Au vu de leurs faibles corrélations avec les obligations conventionnelles et de leurs plus petites variances, les obligations vertes sont utiles pour minimiser le risque du portefeuille.

Tableau 9 : Portefeuilles mixte sans les obligations performantes.

	Tangent mix	GMVP mixte
Rendement	0.01557714	0.001631558
Variance	0.0002777639	5.737477e-05
Poids	Conventionnelle	
HEID	-0.018197656	-0.002218517
IRDL	0.085236763	0.012686265
ING	0.173590290	-0.033720103
BPCE	0.695681006	0.318377178
NEST...6	-0.107831587	-0.009867198
GAZ	0.064770573	-0.002194692
NYL	-0.237607172	0.459271192
IRLD	-0.007615015	-0.053029323
PHIP	0.371271707	0.077410633
	Green	
VERD	0.099954063	0.007222849
KREK	-0.598825759	0.015851693
HERA	-0.004593800	-0.016076752
ING	0.004407832	-0.006123369
UNR	-0.089951103	0.009710654
VEW	0.005213897	-0.005515396
BRCK	0.096613215	-0.216041911
GOT	0.280784483	0.356776969
EIB	0.187098262	0.087479826

Au niveau du portefeuille tangent, on remarque que le rendement et la variance se rapprochent du portefeuille tangent conventionnel en termes de rendement et de risque. En effet, quand on jette un œil au poids total que représentent les green bonds, il est négatif. Les green bonds sont donc utilisées à des fins de vente à découvert car elles n'apportent pas de plus-value en termes de rendement. C'est donc l'actif sans risque qui est utilisé dans ce portefeuille pour réduire en volatilité.

Flammer (2018) et Baker et ses collaborateurs (2018) ont analysé que les investisseurs intéressés par les green bonds avaient tendance à conserver leur titre sur le long terme. Ces différents portefeuilles vont nous permettre de savoir s'il est utile pour un investisseur qui n'applique pas du short-selling de conserver des actifs verts durant une longue période.

On remarque que dans ce cas précis (tableau 8 en annexe), que les portefeuilles efficients sont composés de 85 % d'actifs vert dans le portefeuille GMVP et 70 % dans le portefeuille tangent. Dans chaque portefeuille, on répartit les poids dans chaque obligation entre 4-5 obligations vertes et conventionnelles. Les obligations DBOJ et SHANK sont les obligations vertes auxquelles on accorde le plus d'importance (68 % dans le portefeuille tangent et 70 % dans le GMVP). Tandis que les autres obligations se partagent le reste. Les green bonds utilisées dans le portefeuille sans vente à découvert ont une faible variance. Ces résultats sont gage de bonne performance des actifs verts dans l'élaboration d'un portefeuille qui vise à garder les actifs sans pouvoir les revendre. Ils nous confirment également les propos de Baker et ses collaborateurs (2018), concernant l'utilisation des obligations vertes à faible variance dans le but de réduire le risque du portefeuille.

Nous avons comme précédemment retiré les obligations performantes pour éviter un biais dans nos observations (tableau 10). Nous observons une autre tendance après omission de ces obligations. Le portefeuille tangent mixte est toujours aussi diversifié mais le poids des green bonds a diminué de 50 %. Pour le portefeuille GMVP, on observe une plus petite diminution (40%) mais tout est concentré sur GOT. Cette obligation a une faible corrélation avec les obligations conventionnelles et à une faible variance. Malgré ces diminutions, on constate que les green bonds sont toujours utiles (par leurs faibles corrélations avec les obligations brunes) à la constitution de portefeuilles.

8.3 Comparaison des portefeuilles avec une granularité différente des obligations vertes dans les échantillons

Nous avons constitué 2 portefeuilles avec un granularité différente de l'ordre de 25 % de titres conventionnels et 75 % de titres verts et inversement. Nous avons donc des portefeuilles de 14 obligations avec à chaque fois 10 obligations d'un type et 4 d'un autre. Le choix des 4 obligations respecte le plus possible les caractéristiques moyennes de chaque groupe. Nous avons préalablement retiré une obligation de chaque type (SWIS pour les conventionnelles et DBOJ pour les vertes) car elle présente des surperformances par rapport aux autres obligations de leurs échantillons.

Premièrement nous allons comparer le rendement et la variance des portefeuilles de nos échantillons via le tableau ci-dessous (fusion du tableau 11 et 12 en annexe). Au vu des caractéristiques des obligations brunes (tableau 1 en annexe), le portefeuille tangent à caractère brun a un rendement supérieur (2,05 % contre 0,68 % pour le portefeuille dit vert), mais avec un taux de risque plus élevé.

En revanche, les 4 obligations vertes dans le portefeuille à caractère vert ont une allocation beaucoup plus importante (77 %) que les 4 obligations brunes (15 %) dans le portefeuille à caractère brun (voir colonne 1 du tableau 11 et 12 en annexe).

Les obligations vertes ont une corrélation plus faible entre elles et également avec les obligations brunes, ce qui leur permet d'être un bon outil pour diversifier le portefeuille. C'est notamment le cas pour les obligations BRCK et GOT qui ont une corrélation moyenne très faible avec les obligations brunes. Il est donc pas surprenant d'observer que ces 2 obligations ont une allocation totale de 70 % dans le portefeuille tangent à caractère brun. Les obligations vertes sont donc utilisées plus intensivement que les obligations brunes dans le cadre de diversification d'un portefeuille.

Le ratio de Sharpe des deux portefeuilles (tableau 13) est supérieur à 1, ce qui implique une surperformance de nos portefeuilles pour une prise de risque ad hoc. Il est légèrement plus élevé pour le portefeuille à caractère conventionnel. Nous constatons donc que les obligations vertes n'influencent pas négativement la rentabilité marginale du portefeuille par rapport au risque.

Tableau 11 et 12 : Caractéristiques des portefeuilles avec une granularité différente en termes d'obligation vertes.

	Tangent 25C - 75G	GMVP 25C-75G
Rendement	0.006818059	0.001252152
Variance	6.824191e-05	2.51629e-05
	Tangent 75C - 25G	GMVP 75C - 25G
Rendement	0.02051546	0.001076743
Variance	0.0004406866	6.020222e-05

Au niveau du GMPV, le portefeuille partiellement vert a un rendement plus élevé avec un risque plus faible (voir tableau ci-dessus). Il est donc plus performant que son concurrent. Au niveau des allocations, on diversifie moins que dans le portefeuille tangent mais on a encore une allocation légèrement supérieure de 5 % des green bonds (16 % pour les 4 obligations contre 11 % pour les 4 obligations brunes). Le portefeuille GMPV partiellement vert a un ratio de Sharpe nettement plus élevé. Il donc plus efficient de constituer un portefeuille avec plus d'obligations vertes.

Néanmoins, on remarque que l'obligation SHANK influence considérablement la performance dans nos portefeuilles efficients à caractère vert (il a une allocation de 91,1 % pour le portefeuille tangent et 68,7 pour le GMVP). Il est fort probable qu'il biaise nos résultats de par sa performance. Nous avons donc utilisé la même méthodologie en retirant SHANK de notre échantillon. Les résultats que nous obtenons (voir tableau 14 en annexe) sont complètement différents que ceux obtenus avec échantillon partiellement vert. Etant donné que le portefeuille tangent présente des résultats extrêmes en termes d'allocation (plusieurs obligations ont un poids supérieur à 100%). Nous allons nous focaliser sur le GMVP.

On remarque que le poids des obligations brunes occupe 40 % dans notre portefeuille, c'est 30 % de plus que le portefeuille avec SHANK. Il y a une augmentation de 38,5 % dans l'allocation de NYL. Cette obligation est moins corrélée aux obligations vertes que ces homologues, c'est la raison pour laquelle on alloue plus poids à cette obligation. Néanmoins, après omissions de SHANK et DBOJ, on constate que les obligations vertes ont toujours un poids non négligeable dans la constitution de portefeuille efficient. C'est donc un instrument totalement légitime sur le marché.

Au niveau de la performance, le ratio de Sharpe a diminué drastiquement. Il est passé d'un coefficient de 0,62 à 0,07 pour le GMVP et de 1,06 à 0,78 pour le portefeuille tangent. Il y a donc une sous performance du portefeuille vert en termes de rentabilité du rendement marginal par unité de risque par rapport au portefeuille brun lorsqu'on omet l'obligation performante.

8.4 Comparaison des indices de performance de nos différents échantillons

Premièrement, nous allons comparer l'indice de Sharpe de nos portefeuilles construit tout au long de notre analyse. Cet indice va nous permettre de déceler si les obligations vertes performant en termes de rentabilité marginale par rapport à une unité de risque. Les résultats du ratio de Sharpe se trouvent dans le tableau 13 dans nos annexes.

Tableau 13 : Ratio Sharpe des portefeuilles.

Sharpe	Tangent	GMVP
Conventionnel	1,129	0,77756
Green	0,98337	0,3782
Mixte	2,04	1,39
75 Conv -25 Green	1,10	0,383
25 Conv -75 Green	1,0621	0,629
25 Conv – 75 Green sans SHANK	0,078	0,063

On constate de manière globale, que les obligations vertes influencent de manière négative l'indice de Sharpe, ce qui indique une sous performance du label vert.

Au niveau des portefeuilles tangents, cette sous performance reste minime si l'on compare le ratio de Sharpe des échantillons avec la granularité différente. Nous observons un ratio de 1,10 pour le portefeuille composé de 75 % d'obligations brunes et un ratio de 1,06 pour l'échantillon à trois quarts verts. De plus l'indice de Sharpe est toujours supérieur à 1 lorsque qu'on introduit des obligations vertes dans un portefeuille avec des obligations brunes ce qui indique que le risque pris est faible pour le rendement obtenu.

Dans la situation du portefeuille tangent mixte, on obtient un indice Sharpe très intéressant. Il s'élève à 2,04, ce qui indique que la diversification avec des obligations vertes et brunes est efficiente. Dans le cas d'un portefeuille tangent, les obligations vertes ne sont pas un gage de sous performance.

Au niveau du GMPV, on remarque que le portefeuille purement green est nettement en sous performance en termes de rendement marginale par rapport à une unité de risque. De plus le ratio est fortement en dessous de 1, ce qui démontre que le risque est beaucoup trop important pour le rendement attendu. Cette différence est plus importante comparée au

portefeuille tangent car celui-ci on ne se repose pas sur un actif sans risque pour diversifier notre portefeuille. Néanmoins le portefeuille mixte est toujours performant en termes de performance.

Deuxièmement nous allons nous intéresser à l'Alpha Jensen de nos portefeuilles sur différentes périodes. Ce modèle nous donne l'information d'une surperformance de notre portefeuille par rapport à son marché de référence. Il est donc très intéressant pour les investisseurs qui cherchent sans cesse à battre le marché. Si l'Alpha est négatif, cela implique une sous performance de notre portefeuille durant la période étudiée. A contrario, plus l'Alpha est grand, plus il indique une performance bénéfique du portefeuille.

Les tableaux 17 et 18 en annexe reprennent les différentes informations liées à l'Alpha Jensen. Les portefeuilles tangents (tableau 17) obtiennent des Alphas positifs 30 périodes des 31 observées des Alphas positifs. Nos portefeuilles surpassent donc le marché. Nous constatons donc qu'il est possible avec des granularités différentes d'obligations vertes de battre le marché. Néanmoins, on remarque que nos Alphas sont de plus en plus faibles au fur et à mesure que notre échantillon se brunit. Cette observation indique que les obligations vertes sont moins performantes pour surpasser le marché de référence.

Tableau 17 : Alpha Jensen moyen du portefeuille tangent des différents échantillons

Alpha Jensen	Tangent 25C-75G	Tangent Mixte	Tangent 75C-25G
Moyenne	0,001873898	0,004664541	0,018707592
Moyenne sur la période 15-17	0,004045486	0,000240151	0,023525381
Moyenne sur la période 16-18	0,004253841	0,005983437	0,018745097
Moyenne sur la période 17-19	0,003593504	0,004360575	0,011072486

On s'intéresse maintenant aux portefeuilles construits dans l'objectif d'obtenir un risque minimal pour l'investisseur. Les Alphas contrairement aux portefeuilles tangents sont en moyenne négatifs. Les portefeuilles avec la variance minimale sont sous-performant par rapport au marché. Il faut toutefois nuancer ce résultat car le portefeuille GMVP n'a pas l'objectif premier de surperformer le marché. Il a pour but d'apporter à l'investisseur une option de risque minimal. Cependant, nous analysons que les Alphas diminuent quand notre échantillon est composé d'un nombre plus important de green bonds. Sur aucune des périodes

observées, l'Alpha attaché à un échantillon plus vert surperforme un échantillon majoritairement composé d'obligations conventionnelles.

Tableau 18 : Alpha Jensen moyen du portefeuille GMVP des différents échantillons

Alpha Jensen	Tangent 25C-75G	GMVP Mixte	GMVP 75C-25G
Moyenne	-0,001445207	-0,000964658	-0,000355052
Moyenne sur la période 15-17	-0,001672705	0,003522958	0,000571953
Moyenne sur la période 16-18	-0,001003129	-0,001059021	0,000199718
Moyenne sur la période 17-19	-0,001813057	-0,00289524	-0,00289524

Nous avons réalisé une étude inférentielle sur les différents coefficients des Alphas Jensen obtenus précédemment. Malheureusement, les p-valeurs associées à nos coefficients sont pour la totalité de nos portefeuilles non significatives (voir tableau 19,20 et 21). Le tableau 22 reprend les moyennes des p-valeurs dans nos différents portefeuilles. On remarque que les p-valeurs moyennes ne même pas significative à un seuil de 10%. Nous ne pouvons donc pas tirer des conclusions pertinentes quant à la sous performance ou la surperformance de nos portefeuilles par rapport au marché. On peut donc supposer que nos portefeuilles suivent la performance du marché

Tableau 22 : Inférences statistiques des Alphas Jensen des échantillons à caractère vert.

	Intercept	Std	Pr(> t)
Tangent Mix	0,0046645	0,00478137	0,35364516
GMVP Mix	-0,000965	0,00403335	0,74941935
Tangent 25 C 75 G	0,0018739	0,00389229	0,32283548
GMVP 25 C 75 G	-0,001445	0,00401575	0,68551613
Tangent 75 C 25 G	0,0187076	0,00507426	<u>0,00927555</u>
GMVP 75 C 25 G	-0,000355	0,00410031	0,75519355

Néanmoins, dans le cas du portefeuille tangent à caractère brun, nous obtenons pour 24 Alphas un seuil de significativité inférieur à 1 % (voir tableau 20 en annexe). Même si les coefficients sont significatifs nous ne pouvons pas attester la performance positive ou négative de notre portefeuille envers le marché. En effet, le modèle utilisé est basique car il ne possède pas suffisamment de variables explicatives.

8.5 Limites de nos recherches

La principale limite de nos recherches réside dans est la taille de notre échantillon. Avec un accès limité aux données, il a été difficile pour nous de construire un échantillon couvrant le marché total des obligations conventionnelles. Il est donc possible que nos observations n'expliquent pas la tendance générale du marché. De plus, à nouveau en raison de la taille de notre échantillon notre échantillon il est probable que nos résultats soient biaisés à cause de la surperformance ou la sous performance d'une obligation. Nous avons pu observer ce biais via l'obligation DOBJ qui influençait positivement les performances des green bonds. Néanmoins nos résultats rapportent des similarités avec les différentes études littéraires que nous avons parcourues. C'est gage d'objectivité pour nos recherches.

De plus, pour certaines périodes étudiées, principalement pour l'année 2015, nous avons interpolé des données. Nous avons essayé un maximum de respecter la variance et le rendement de chaque obligation pour ne pas créer un biais dans nos conclusions. Dans cette optique, nous avons appliqué la même méthodologie pour les périodes 2015-2019 et 2016-2019. Nous avons observé des différences notamment dans le rendement des obligations conventionnelles. Cette différence peut aussi s'expliquer par la décroissance du marché des obligations à partir de 2016. Dans la totalité de nos résultats les deux périodes étudiées ont des tendances générales communes. On peut conclure que le biais lié à l'extrapolation des données est relativement faible.

9 Conclusion

A l'heure où les risques de pollution et de réchauffement climatique deviennent de plus en plus urgents, les obligations vertes constituent un instrument attractif pour favoriser les investissements respectueux de l'environnement. Les recherches réalisées dans ce travail visent à déterminer si les obligations vertes peuvent être un outil compétitif dans la constitution de portefeuilles pour des investisseurs. Nos résultats sont les suivants.

Premièrement, nous avons observé comme Bachelet (2019), qu'un portefeuille efficient du label vert se comporte de la même façon en termes d'allocation qu'un portefeuille efficient brun.

Ensuite, lors de la composition d'un portefeuille constitué d'obligations brunes et vertes, les green bonds à faible variance ont des allocations importantes car elles sont primordiales dans la réduction du risque du portefeuille.

Troisièmement, nous avons démontré que le label vert induisait négativement le ratio Sharpe, c'est un indicateur de sous performance en termes de rendement par unité de risque. Mais si l'on compose des portefeuilles tangents avec une granularité différente d'obligations vertes, le ratio de Sharpe reste toujours supérieur. Ces portefeuilles présentent donc un excédent de risque par rapport aux risques pris par les investisseurs.

Nous nous sommes finalement intéressés à la performance de nos échantillons en fonction du marché via l'alpha Jensen. On observe que les Alphas ont tendance à diminuer au fur et mesure qu'on augmente le pourcentage du label vert dans les portefeuilles efficients. Cela implique que les obligations sont moins efficaces pour excéder sur le marché de référence. Toutefois sur la quasi-totalité des périodes observée nous obtenons des Alphas positifs pour les différents échantillons dans le cadre d'un portefeuille efficient. Nous devons néanmoins prendre nos résultats avec des pincettes au vu de la non significativité de nos coefficients. On ne peut donc pas assurer la sous performance ou la surperformance de notre échantillon.

Pour conclure, nous pouvons affirmer que les obligations vertes sont moins efficaces en termes de rendement mais qu'elles ont leur place dans un portefeuille d'obligation afin de diversifier le portefeuille, et ce malgré une faible sous performance régulière sur le marché des obligations vertes par rapport à son concurrent. Nous démontrons qu'il est possible de dégager des bénéfices en construisant intelligemment son portefeuille. Nous avons donc l'espoir au vu des études de Zerbib (2018) et de Derwall et ses collaborateurs (2011) que certains investisseurs du fait de leurs incitations pro-sociales et pro-environnementales seront prêt à sacrifier une partie de leur rendement pour financer la transition écologique.

10 Bibliographie

Amegatsevi, K. S. (2013). L'éthique du futur et le défi des technologies du vivant (Doctoral dissertation, Paris 5).

Baker, M., Bergstresser, D., Serafeim, G., & Jeffrey, W. (2018). Financing the Response to Climate Change: The Pricing and Ownership of U.S. Green Bonds.

Bachelet, M. J., Becchetti, L., & Manfredonia, S. (2019). The Green Bonds Premium Puzzle: The Role of Issuer Characteristics and Third-Party Verification. *Sustainability*, 11(4), 1098.

Barclays. (2015). The Cost of Being Green.

Bello, Z. Y. (2005). Socially responsible investing and portfolio diversification. *Journal of Financial Research*, 28(1), 41-57.

Bigger, P. (2017). Measurement and the circulation of risk in green bonds. *Journal of Environmental Investing*, 8(1), 273-287.

Brodback, D., Guenster, N., & Mezger, D. (2019). Altruism and egoism in investment decisions. *Review of Financial Economics*, 37(1), 118-148.

Chava, S., 2014. Environmental externalities and cost of capital. *Management Science* 60 (9), 2223–2247.

Climate Bonds Initiative. (2014). Aloha! Hawaiian State Govt issues green ABS for solar: \$150m, AAA in two tranches: 50m, 8yr, 1.467% + 100m, 17yr, 3.242%. An excellent example.

Climate Bonds Initiative. (2017). Green Bond Pricing in the Primary Market: April - June 2017.

Climate Bonds Initiative. (2018a). Bonds and climate: the state of the market 2018.

Climate Bonds Initiative. (2018b). China Green Bond Market 2017.

Climate Bonds Initiative. (2018c). Green Bond Pricing in the primary market: July-September 2017.

Climate Bonds Initiative. (2018d). Green Bonds : The state of the market 2018.

Claquin, T. (2015). Les obligations vertes, un marché prometteur pour le financement du climat.

Crédit agricole, (2016). Les « green bonds », ou « obligations vertes »

Dhaliwal, D. S., Li, O. Z., Tsang, A., & Yang, Y. G. (2011). Voluntary Nonfinancial Disclosure and the Cost of Equity Capital: The Initiation of Corporate Social Responsibility Reporting. *The Accounting Review*, 86(1), 59–100.

DellaVigna, S., List, J. A., & Malmendier, U. (2012). Testing for Altruism and Social Pressure in Charitable Giving. *The Quarterly Journal of Economics*, 127(1), 1–56.

Derwall, J., Koedijk, K., & Horst, J. Ter. (2011). A tale of values-driven and profit-seeking social investors.

Dhaliwal, D., Li, O., Tsang, A., Yang, Y., 2011. Voluntary nonfinancial disclosure and the cost of equity capital: the initiation of corporate social responsibility reporting. *The Accounting Review* 86 (1), 59–100.

Ehlers, T., & Packer, F. (2016). Green Bonds – certification, shades of green and environmental risks.

Ehlers, T., & Packer, F. (2017). Green bond finance and certification. *BIS Quarterly Review*, (September), 89–104.

Engie, (2014). GDF Suez émet avec succès le plus important « Green Bond » jamais réalisé.

EU High Level Expert Group. (2018). Final Report 2018 by the High-Level Expert Group on Sustainable Finance.

EU Technical Expert Group. (2019). Proposal for an EU Green Bond Standard.

Fama, E. F., & French, K. R. (2007). Disagreement, tastes, and asset prices. *Journal of Financial Economics*, 83(3), 667–689.

Financité, (2018). La Belgique lance une obligation verte.

Flammer, C. (2018). Corporate Green Bonds.

Ge, W., Liu, M., 2015. Corporate social responsibility and the cost of corporate bonds. *Journal of Accounting and Public Policy* 34 (6), 597–624.

GFSG, G. (2016). G20 Green Finance Synthesis Report.

Gilland, B. (2014). Green bonds: The Next Medium-Term Note Program Product? Dentons Canada LLP.ill G

Grandjean, A. (2016). Anthropocène : un diagnostic terrifiant

Green Bonds Principles. (2018a). Databases and Indices Working Group: Summary of Green – Social - Sustainable Fixed Income Indices Providers.

Green Bonds Principles. (2018b). Principes applicables aux obligations vertes : Lignes directrices d'application volontaire pour l'émission d'obligations vertes.

Hartzmark, S. M., & Sussman, A. B. (2018). Do investors value sustainability? A natural experiment examining ranking and fund flows.

HSBC, 2016. Green Bonds 2.0. Fixed Income Credit report .

I4CE, 2016. Beyond transparency: unlocking the full potential of green bonds. Institut for Climate Economics .

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). Global Warming of 1.5°C. South Korea.

International Capital Market Association. (2017). Summary of Green Bond Database Providers.

International Capital Market Association. (2018). Green Bond Principles Voluntary Process Guidelines for Issuing Green Bonds

- International Finance Corporation. (2018). Green Bond Impact Report.
- Karpf, A., & Mandel, A. (2018). The changing value of the “green” label on the US municipal bond market. *Nature Climate Change*, 8(2), 161–165.
- Kempf, A., & Osthoff, P. (2007). The effect of socially responsible investing on portfolio performance. *European Financial Management*, 13(5), 908-922.
- Le Soir. (2019), Climat: des scientifiques australiens estiment la fin de la civilisation humaine à 2050.
- Laville, D. et Phantharangsi, M. (2016). Les obligations vertes au service de la transition énergétique et écologique. Ministère de l’Environnement de l’Energie et de la Mer.
- Lombard Odier Impact Office, (2017). Rethink Fixed Income with Climate Bonds.
- Magnanelli, B. S., & Izzo, M. F. (2017). Corporate social performance and cost of debt: the relationship. *Social Responsibility Journal*, 13(2), 250-265.
- Merton, R. C. (1974). On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates. *The Journal of finance*, 29(2), 449-470.
- Menz, K. M. (2010). Corporate Social Responsibility: Is it Rewarded by the Corporate Bond Market? A Critical Note. *Journal of Business Ethics*, 96(1), 117–134.
- Nationale Nederlanden Investment Partners. (2018). Unravelling the Green Bond Premium.
- OECD, 2017b. Green bonds: Mobilising Bond Markets for a low-carbon transition. OECD Publishing, Paris .
- Oikonomou, I., Brooks, C., & Pavelin, S. (2014). The Effects of Corporate Social Performance on the Cost of Corporate Debt and Credit Ratings. *Financial Review*, 49(1), 49–75.
- Park, S. K. (2018). Investors as Regulators: Green Bonds and the Governance Challenges of the Sustainable Finance Revolution. *Stanford Journal of International Law*, 54(1), 1–48.

Partridge, C., & Medda, F. (2018). Green Premium in the Primary and Secondary U.S. Municipal Bond Markets.

Pham, L. (2016). Is it risky to go green? A volatility analysis of the green bond market. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 6(4), 263-291.

Riedl, A., & Smeets, P. (2017). Why Do Investors Hold Socially Responsible Mutual Funds? *Journal of Finance*, 72(6), 2505–2550.

Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The journal of finance*, 19(3), 425-442.

Shishlov, I., Morel, R., & Cochran, I. (2016). Beyond transparency: unlocking the full potential of green bonds. Institute for Climate Economics Report.

Stellner, C., Klein, C., & Zwergel, B. (2015). Corporate social responsibility and Eurozone corporate bonds: The moderating role of country sustainability. *Journal of Banking & Finance*, 59, 538-54.

SEB. (2018). Green Bonds - Ecosystem, Issuance Process and Case Studies.

Snider, A. (2015). Impact investing: The performance realities. Wealth Management Institute, 1-14.

Sun, W., & Cui, K. (2014). Linking corporate social responsibility to firm default risk. *European Management Journal*, 32(2), 275–287.

Swiss Sustainable Finance. (2016). Guide de l'investissement durable.

S&P Global Ratings. (2019). Green Evaluation: Why Corporate Green Bonds Have Been Slow To Catch On In The U.S.

VanEck. (2017). Income with impact: A guide to Green Bonds.

Wulandari, F., Dorothea, S., Andreas, S., & Chen, S. (2018). The impact of liquidity risk on the yield spread of green bonds. *Finance Research Letters*, 27, 53–59.

Zerbib, O. D. (2018a). Is There a Green Bond Premium? The yield differential between green and conventional bonds ?.

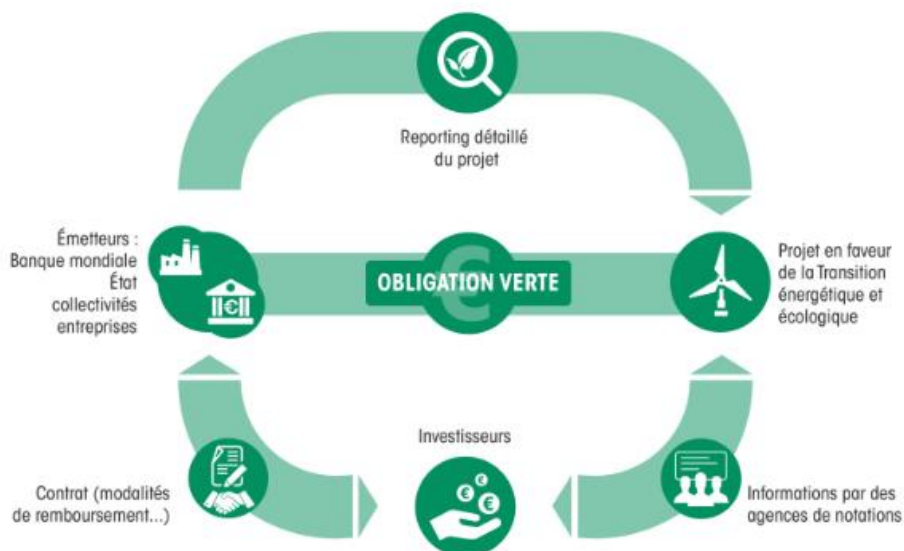
Zerbib, O. D. (2018b). The effect of pro-environmental preferences on bond prices:Evidence from green bonds. *Journal of Banking & Finance*.

Wood, D., & Grace, K. (2011). A brief note on the global green bond market. Initiative for Responsible Investment at Harvard University.

11 Annexes

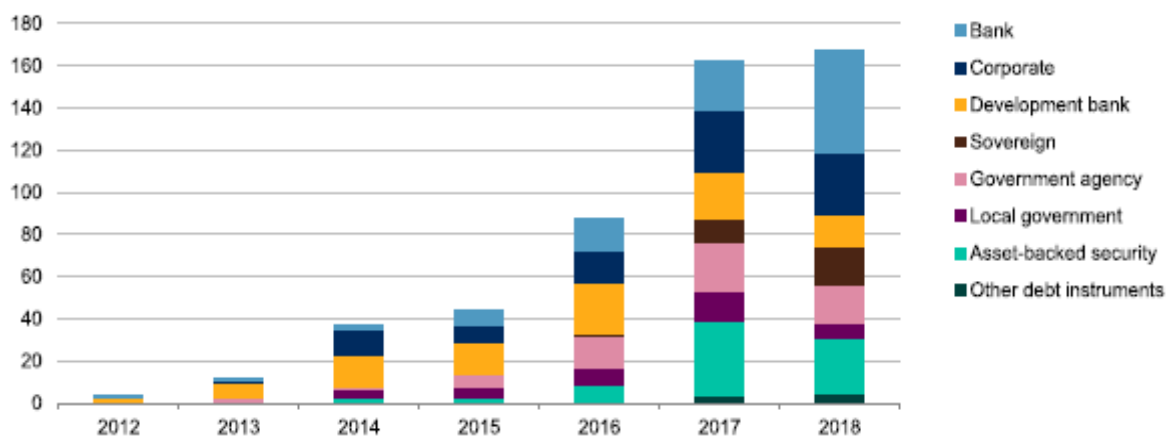
11.1 Figures

11.1.1 Figure 1 : Fonctionnement d'une obligation verte



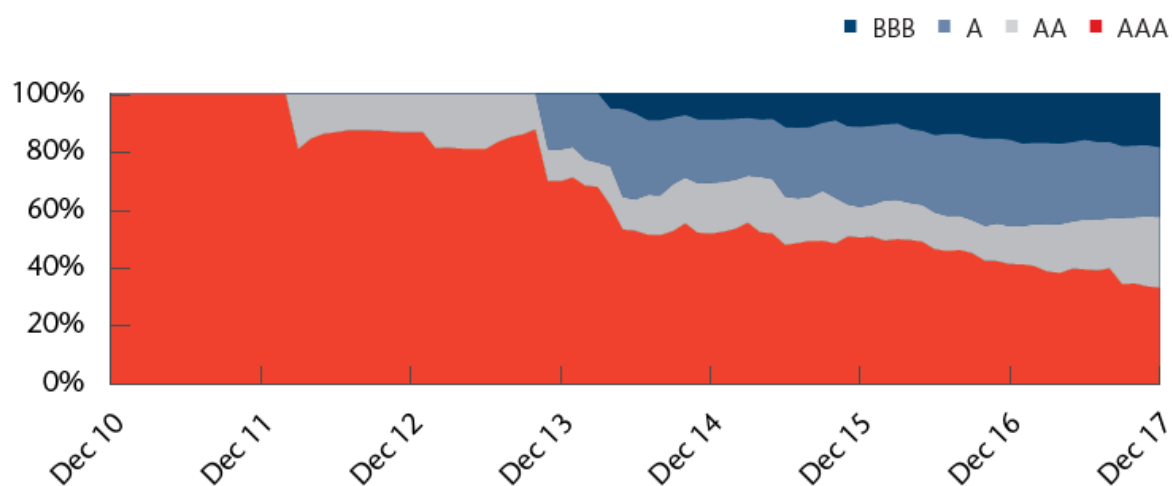
Source : Ministère de la transition écologique et solidaire

11.1.2 Figure 2 : Croissance du marché des obligations vertes



Source : CBI 20118

11.1.3 Figure 3 : Diversification du credit rating à travers les années.

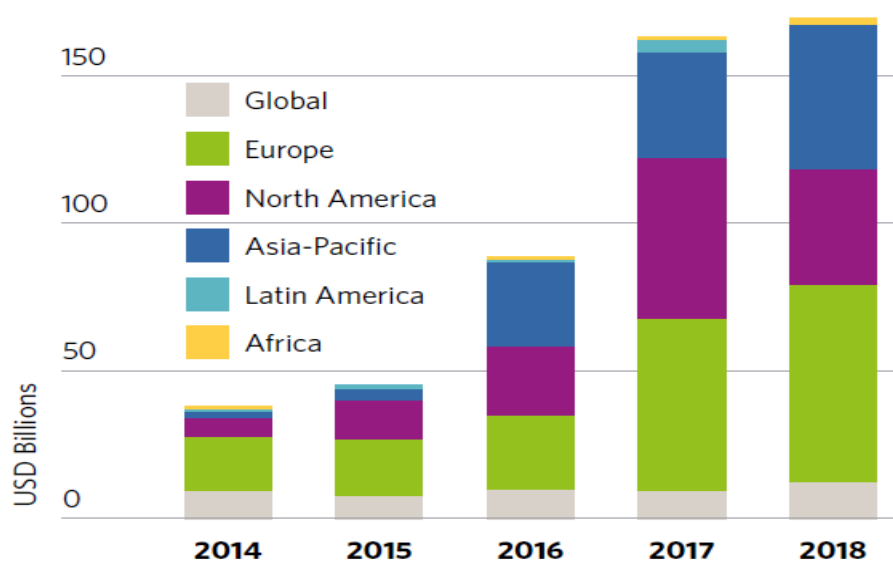


Source: Bank of America Merrill Lynch

Data as of 31/12/2017

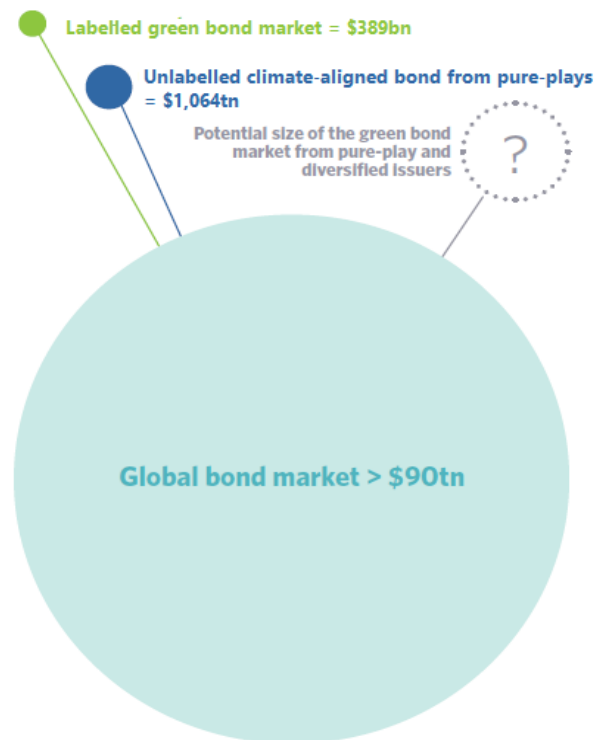
Source : AOM 2018

11.1.4 Figure 4 : La dispersion géographique du marché obligataire vert.



Source : Rapport CBI 2018

11.1.5 Figure 5 : Les obligations vertes dans le marché obligataire



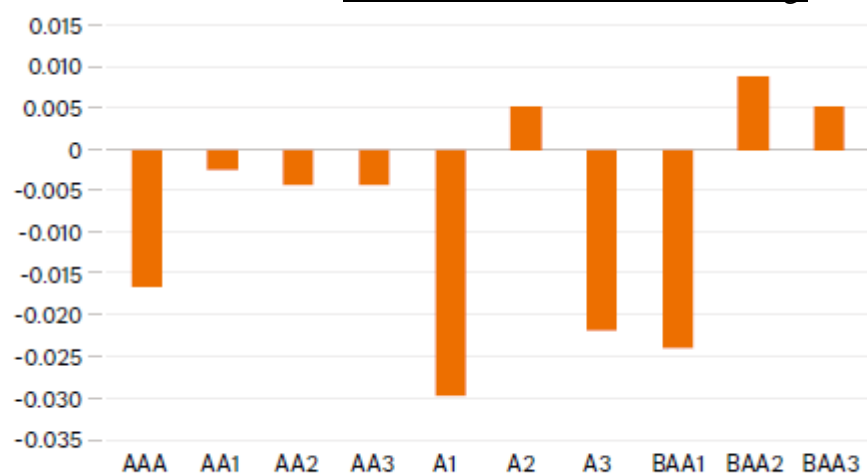
Source : Rapport CBI 2017 avec données actualisées de CBI 2018

11.1.6 Figure 6 : Processus de certification CBI



Source : Site internet de CBI

11.1.7 Figure 7 : Différence de rendement entre une obligation verte et conventionnel en fonction du rating.



Source: NN Investment Partners

11.2 Tableau

11.2.1 Tableau 1 : Moyennes des rendements et de la variance de chaque obligation pour les 2 périodes étudiées.

Période 2015-2019		
	Mean	Variance
	Conventionnelle	
HEID	0.062173524	0.0270494251
IRDL	0.064196830	0.0203380627
ING	0.010142331	0.0032222350
SWIS	0.006028269	0.0003225556
BPCE	0.006127166	0.0003390612
NEST...6	0.009930316	0.0058854116
NEST...7	0.023814595	0.0045820284
GAZ	0.039650201	0.0099590728
NYL	0.001221677	0.0003025745
IRLD	0.020497097	0.0078330664
PHIP	0.009774564	0.0008353166
	Green	
VERD	4.035668e-02	2.114441e-02
KREK	1.525197e-03	6.043073e-04
HERA	4.835980e-02	3.723259e-02
DBOJ	2.871191e-03	6.507612e-05
ING	2.507537e-02	4.239518e-02
UNR	4.244809e-02	2.628471e-02
VEW	4.042284e-02	1.744121e-02
BRCK	3.049770e-03	4.641048e-04
GOT	-2.676624e-05	2.304629e-04
EIB	4.516040e-03	7.886786e-04
SHANK	2.667105e-03	5.703155e-05

Période 2016-2019		
	Mean	Variance
	Conventionnelle	
HEID	0.0731651390	0.0212917162
IRDL	0.0663068837	0.0141557955
ING	0.0126530877	0.0018805071
SWIS	0.0054919581	0.0002992352
BPCE	0.0072664707	0.0002629924
NEST...6	0.0103055939	0.0045830336
NEST...7	0.0235110805	0.0033453922
GAZ	0.0308440417	0.0086039581
NYL	0.0001400449	0.0001501210
IRLD	0.0130819298	0.0035390981
PHIP	0.0056552903	0.0008909314
	Green	
VERD	0.0483514480	1.534866e-02
KREK	-0.0002812689	3.131570e-04
HERA	0.0450381155	2.749416e-02
DBOJ	0.0021006776	2.441844e-05
ING	0.0339748767	4.930343e-02
UNR	0.0533369076	2.151895e-02
VEW	0.0510500673	1.404088e-02
BRCK	0.0009312862	2.498695e-04
GOT	-0.0018948527	2.345759e-04
EIB	0.0026019191	4.118833e-04
SHANK	0.0027858314	5.724040e-05

11.2.2 Tableau 2 : Moyenne des rendements et variances des obligations vertes et Conventionnelles.

	Rendement	Variance
Obligations vertes 15-19	0.01920594	0.01333707
Obligations conv 15-19	0.0230506	0.007333528
Obligations vertes 16-19	0.02163591	0.01172702
Obligations conv 16-19	0.02258377	0.005363889

11.2.3 Tableau 3 : Les portefeuilles verts et bruns efficient visant un minimum de variance.

	Rendement	Variance
GMVP vert 15-19	0.002193809	2.801438e-05
GMVP conv 15-19	0.003862493	5.665168e-05
GMVP conv 16-19	0.002207502	3.641148e-05
GMVP vert 16-19	0.001918714	1.310731e-05

11.2.4 Tableau 4 : Les portefeuilles verts et conventionnels tangents.

	Rendement	Variance
Tangent vert 15-19	0.004470843	4.322862e-05
Tangent conv 15-19	0.01033993	0.000119257
Tangent conv 16-19	0.002207502	3.641148e-05
Tangent vert 16-19	0.001918714	1.310731e-05

11.2.5 Tableau 5 : L'allocation des obligations vertes dans les portefeuilles tangents et GMPV.

Poids	GMVP Green 2015-2019	Tangt Green 2015-2019	GMVP Green 2016-2019	Tangt Green 2016-2019
VERD	-0.0027124552	0.043306532	-0.020833594	-0.003006990
KREK	-0.0808725372	-0.314589532	-0.029101997	-0.115119660
HERA	-0.0007231421	-0.002968303	0.015583278	0.013186356
DBOJ	0.2573094868	0.616835759	0.847050251	0.977387730
ING	-0.0039631634	-0.005402166	-0.002168840	-0.002916778
UNR	-0.0057567881	-0.010250542	-0.002278033	-0.003422728
VEW	0.0039440107	0.014595571	0.009690957	0.014718575
BRCK	0.0126556356	0.177713488	-0.011055094	0.046508164
GOT	0.1681882810	0.074955375	0.081652284	0.046300890
EIB	0.0726147183	-0.035846407	0.045615381	0.010827069
SHANK	0.579315953	0.441650225	0.065845407	0.015537372

11.2.6 Tableau 6 : L'allocation des obligations conventionnelles dans les portefeuilles tangents et GMPV.

Poids	GMVP Conv 2015-2019	Tangt Conv 2015-2019	GMVP Conv 2016-2019	Tangt Conv 2016-2019
HEID	-0.016974625	-0.014324298	-0.0086505020	-0.002159554
IRDL	0.006423001	0.033067677	-0.0083815202	0.021400859
ING	-0.005293233	0.023566058	-0.0047533651	0.064548701
SWIS	0.363710519	0.381553871	0.3229665505	0.198211689
BPCE	0.294267473	0.387806270	0.2165488288	0.349189106
NEST...6	-0.078108805	-0.232389485	-0.0893268519	-0.169884519
NEST...7	0.015218107	0.156813017	0.0113233888	0.103335616
GAZ	-0.012070600	0.005238703	-0.0002765794	0.016898860
NYL	0.285551294	-0.010558851	0.4198654363	0.279155219
IRLD	-0.031050631	-0.005663423	-0.0111073453	-0.010969415
PHIP	0.178327499	0.274890461	0.1517919595	0.150273438

11.2.7 Tableau 7 : Portefeuilles mix tangent et GMPV.

	Tangent mix	GMPV mix
Rendement	0.0087134	0.003272671
Variance	2.808779e-05	1.38222e-05
Poids	Conventionnelle	
HEID	-2.703855e-06	0.0027975119
IRDL	0.005411042	-0.0064706908
ING	0,09024306	-0.0005782618
SWIS	0,1334656	0.1126413650
BPCE	0,2071011	0.1173555469
NEST...6	-0,1328423	-0.0463671424
NEST...7	0,1444284	0.0388912167
GAZ	0,006742346	-0.0057876834
NYL	-0,1637459e	0.0947078377
IRLD	-0,004797192	-0.0196291453
PHIP	0,1108186	0.0487108295
	Green	
VERD	0,005401300	0.0163543351
KREK	-0,4495298	-0.1039246890
HERA	0,005861686	0.0001563895
DBOJ	0,6257219	0.3066368704
ING	-0,003051306	-0.0023628930
UNR	-0,05347020	-0.0146830754
VEW	-0,004721235	-0.0011579126
BRCK	0,1079836	-0.0443233786
GOT	0,04227142	0.0922988855
EIB	0,05292822	0.0365206037
SHANK	0,2251706	0.3782134803

11.2.8 Tableau 8 : Portefeuilles mixte sans vente à découvert.

	Tangent mixte	GMVP mixte
Rendement	0.004835392	0.003024072
Variance	2.338101579e-05	3.151189869e-05
Poids	Conventionnelle	
HEID	0.011142	0.001470
IRDL	0	0
ING	0	0
SWIS	0.083741	0.041793
BPCE	0.087374	0.058276
NEST...6	0	0
NEST...7	0	0
GAZ	0.003007	0
NYL	0	0
IRLD	0	0
PHIP	0.097407	0.035500
	Green	
VERD	0	0
KREK	0	0
HERA	0	0
DBOJ	0.347876	0.247904
ING	0.000658	0
UNR	0	0
VEW	0.002672	0
BRCK	0	0.015757
GOT	0.025491	0.141639
EIB	0	0
SHANK	0.340632	0.457661

11.2.9 Tableau 9 : Portefeuilles mixte sans les obligations performantes.

	Tangent mix	GMVP mixte
Rendement	0.01557714	0.001631558
Variance	0.0002777639	5.737477e-05
Poids	Conventionnelle	
HEID	-0.018197656	-0.002218517
IRDL	0.085236763	0.012686265
ING	0.173590290	-0.033720103
BPCE	0.695681006	0.318377178
NEST...6	-0.107831587	-0.009867198
GAZ	0.064770573	-0.002194692
NYL	-0.237607172	0.459271192
IRLD	-0.007615015	-0.053029323
PHIP	0.371271707	0.077410633
	Green	
VERD	0.099954063	0.007222849
KREK	-0.598825759	0.015851693
HERA	-0.004593800	-0.016076752
ING	0.004407832	-0.006123369
UNR	-0.089951103	0.009710654
VEW	0.005213897	-0.005515396
BRCK	0.096613215	-0.216041911
GOT	0.280784483	0.356776969
EIB	0.187098262	0.087479826

11.2.10 Tableau 10 : Portefeuilles mix sans les obligations performantes et sans vente à découvert.

	Tangent mix	GMVP mix
Rendement	0.01133684	0.002584262
Variance	2,5921 e-04	8,6291094 e-05
Poids	Conventionnelle	
HEID	0.008896	0
IRDL	0.055465	0
ING	0	0
BPCE	0.401176	0.248926
NEST...6	0	0
GAZ	0.030107	0
NYL	0	0.256666
IRLD	0	0
PHIP	0.291249	0.077410
	Green	
VERD	0	0
KREK	0	0
HERA	0	0
ING	0.007856	0
UNR	0	0
VEW	0.011057	0
BRCK	0.027844	0
GOT	0.166349	0.416998
EIB	0	0

11.2.11 Tableau 11 : Portefeuilles 25% conventionnel, 75 % vert.

	Tangent 25C - 75G	GMVP 25C-75G
Rendement	0.006818059	0.001252152
Variance	6.824191e-05	2.51629e-05
Poids	Conventionnelle	
NYL	-0.058329560	0.146549247
GAZ	0.130117525	0.010425919
NEST	0.020777642	-0.002102157
IRLD	0.002073225	-0.044006345
	Green	
VERD	0.058207496	0.001622528
KREK	-0.504855750	-0.001610177
HERA	0.004433417	0.005976147
ING	-0.011601647	-0.004039981
UNR	-0.059475321	-0.011713920
VEW	0.013563925	0.001329514
BRCK	0.194534782	-0.101719576
GOT	0.215120320	0.204398209
EIB	0.084165559	0.107403481
SHANK	0.911268386	0.687487111

11.2.12 Tableau 12 : Portefeuilles 75% conventionnel, 25 % vert.

	Tangent 75C - 25G	GMVP 75C - 25G
Rendement	0.02051546	0.001076743
Variance	0.0004406866	6.020222e-05
Poids	Conventionnelle	
HEID	-0.012753787	-0.004876747
IRDL	0.072329075	0.015558647
ING	0.159433959	-0.026268370
BPCE	0.715297916	0.319554704
NEST...6	-0.443822670	0.025595994
NEST...7	0.317449971	-0.034540462
GAZ	0.015067653	-0.002836190
NYL	-1.019143830	0.520276855
IRLD	0.006339862	-0.057707660
PHIP	0.415155756	0.100262147
	Green	
ING	0.028612352	-0.003715829
VEW	0.037465344	-0.010570695
BRCK	0.571892514	-0.174747686
GOT	0.136675885	0.334015290

11.2.13 Tableau 13 : Ratio Sharpe des portefeuilles.

Sharpe	Tangent	GMVP
Conventionnel	1,129	0,77756
Green	0,98337	0,3782
Mixte	2,04	1,39
75 Conv -25 Green	1,10	0,383
25 Conv -75 Green	1,0621	0,629
25 Conv – 75 Green sans SHANK	0,078	0,063

11.2.14 Tableau 14 : Portefeuilles 25% conventionnel, 75 % vert sans SHANK.

	Tangent 25C - 75G	GMVP 25C-75G
Rendement	0.07504842	-0.001309736
Variance	0.009622737	8.60788e-05
Poids	Conventionnelle	
NYL	-0.75559602	0.531015469
GAZ	1.68424839	-0.030771435
NEST	0.40523425	0.003996974
IRLD	0.52406778	-0.072073568
	Green	
VERD	0.72603769	-0.028552627
KREK	-7.04108527	0.171307775
HERA	-0.14989223	-0.014971147
ING	-0.13059327	-0.004765123
UNR	-0.42350322	0.045689138
VEW	0.17504846	-0.002461321
BRCK	3.85750578	-0.233074205
GOT	2.08279489	0.477147522
EIB	0.04573277	0.157512548
SHANK		

11.2.15 Tableau 15 : Alpha Jensen des différents portefeuilles granulés

	Tangent 25C-75G	GMVP 25C-75G	Tangent 75C-25G	GMVP 75C-25G
01/15-01/17	-0.0002297801	-0.0061719288	0.02319013	-0,003930613
02/15-02/17	0.0038337574	-0.0012735009	0.019486737	0,0005297385
03/15-03/17	0.0034971838	-0.0022917122	0.023164581	-0,0006268642
04/15-04/17	0.0050772590	-0.0002965777	0.021319363	0,001657101
05/15-05/17	0.0035582759	-0.0020108352	0.021655747	0,0001528481
06/15-06/17	0.0055915400	-0.0008028895	0.024628124	0,0008855514
07/15-07/17	0.0045637751	-0.0017263604	0.025639125	0,0007042238
08/15-08/17	0.0061281509	0.0002140891	0.027607672	0,00296271
09/15-09/17	0.0046585680	-0.0012660366	0.024485507	0,001457272
10/15-10/17	0.0037557722	-0.0019943201	0.024304788	0,0008517357
11/15-11/17	0.0032677324	-0.0021658130	0.024699088	0,0008517515
12/15-12/17	0.0048435983	-0.0002865731	0.024237453	0,001367983
01/16-01/18	0.0032382807	-0.0018956523	0.023198185	-0,0001798218
02/16-02/18	0.0052401025	-0.0007430415	0.024170314	0,007847859
03/16-03/18	0.0046531676	-0.0007046391	0.021073061	0,0001240600
04/16-04/18	0.0041109950	-0.0011694269	0.020050014	-0,0004521507
05/16-05/18	0.0031553738	-0.0018280752	0.018308220	-0,001095982
06/16-06/18	0.0029797495	-0.0023474612	0.018203993	-0,001661635
07/16-07/18	0.0045476150	-0.0008863324	0.018469778	-0,0008467662
08/16-08/18	0.0047081594	-0.0006469068	0.017887196	-0,0004548812
09/16-09/18	0.0042065629	-0.0010109254	0.015884285	-0,00124226
10/16-10/18	0.0040349608	-0.0008468063	0.016476134	-0,0002002568
11/16-11/18	0.0044557091	-0.0004561592	0.016657948	0,00006.96781 7
12/16-12/18	0.0057154148	0.0004978777	0.014562030	0,0004.887754
01/17-02/19	0.0059498184	0.0008827071	0.013439696	0,0000373210 3
02/17-02/19	0.0040754977	-0.0014544966	0.011225850	-0,002003223
03/17-03/19	0.0047125968	-0.0002847742	0.013206904	-0,0009417456
04/17-04/19	0.0038233017	-0.0019149199	0.011638232	-0,003194471
05/17-05/19	0.0028455193	-0.0025139083	0.010538081	-0,003884610
06/17-06/19	0.0020422043	-0.0033023499	0.009112257	-0,004510673
07/17-07/19	0.0017055907	-0.0041036600	0.008346385	-0,005769275

11.2.16 Tableau 16 : Alpha Jensen des portefeuilles mixtes

	GMPV mixte	Tangent mixte
01/15-01/17	-0,003930613	-0.0008577787
02/15-02/17	0,0005297385	0.0044609415
03/15-03/17	-0,0006268642	0.0023745663
04/15-04/17	0,001657101	0.0046757984
05/15-05/17	0,0001528481	0.0028630375
06/15-06/17	0,0008855514	0.0043088909
07/15-07/17	0,0007042238	0.0034374665
08/15-08/17	0,0002926271	0.0061612775
09/15-09/17	0,0001457272	0.0032382367
10/15-10/17	0,0008517357	0.0029217122
11/15-11/17	0,0008517515	0.0035250673
12/15-12/17	0,001367983	0.0051662864
01/16-01/18	-0,0001798218	0.0031453190
02/16-02/18	0,0007847859	0.0056114431
03/16-03/18	0,0001240600	0.0062398202
04/16-04/18	-0,0004521507	0.0062309334
05/16-05/18	-0,001095982	0.0056014641
06/16-06/18	-0,001661635	0.0050542107
07/16-07/18	-0,008467662	0.0066140423
08/16-08/18	-0,0004548812e	0.0071402387
09/16-09/18	-0,001.242268	0.0063738040
10/16-10/18	-0,0002002568	0.0064968400
11/16-11/18	0,00006967817	0.0066060901
12/16-12/18	0,0004887754	0.0066870428
01/17-02/19	0,00003732103	0.0068457096
02/17-02/19	-0,002003223	0.0047470652
03/17-03/19	-0,0009417456	0.0066027699
04/17-04/19	-0,003194471	0.0046632539
05/17-05/19	-0,003884610	0.0037494682
06/17-06/19	-0,004510673	0.0027785603
07/17-07/19	-0,005769275	0.0011372001

11.2.17 Tableau 17 : Alpha Jensen moyen du portefeuille tangent des différents échantillons

Alpha Jensen	Tangent 25C-75G	Tangent Mixte	Tangent 75C-25G
Moyenne	0,001873898	0,004664541	0,018707592
Moyenne sur la période 15-17	0,004045486	0,000240151	0,023525381
Moyenne sur la période 16-18	0,004253841	0,005983437	0,018745097
Moyenne sur la période 17-19	0,003593504	0,004360575	0,011072486

11.2.18 Tableau 18 : Alpha Jensen moyen du portefeuille GMVP des différents échantillons

Alpha Jensen	Tangent 25C-75G	GMVP Mixte	GMVP 75C-25G
Moyenne	-0,001445207	-0,000964658	-0,000355052
Moyenne sur la période 15-17	-0,001672705	0,003522958	0,000571953
Moyenne sur la période 16-18	-0,001003129	-0,001059021	0,000199718
Moyenne sur la période 17-19	-0,001813057	-0,00289524	-0,00289524

11.2.19 Tableau 19 : Inférences statistiques des Alphas Jesen des échantillons mixte

	Tangent Mix		GMVP Mix	
	Std	Pr(> t)	Std	Pr(> t)
01/15-01/17	0,0076286	0,911	0,006431	0,521
02/15-02/17	0,006268	0,484	0,005267	0,937
03/15-03/17	0,006502	0,718	0,005369	0,831
04/15-04/17	0,006267	0,464	0,005019	0,834
05/15-05/17	0,005615	0,615	0,0044148	0,92
06/15-06/17	0,005588	0,449	0,0044104	0,862
07/15-07/17	0,005324	0,525	4,24E-03	0,996
08/15-08/17	0,005291	0,257	0,00421	0,602
09/15-09/17	0,004733	0,501	0,0038108	0,878
10/15-10/17	0,004748	0,545	0,0038455	0,956
11/15-11/17	0,004639	0,455	0,0038026	0,901
12/15-12/17	0,00429	0,241	0,003372	0,567
01/16-01/18	0,003793	0,416	0,0030373	0,91
02/16-02/18	0,004517	0,227	0,003841	0,657
03/16-03/18	0,004455	0,175	0,00382	0,631
04/16-04/18	0,004475	0,178	0,00383	0,683
05/16-05/18	0,004447	0,221	0,0038082	0,814
06/16-06/18	0,004792	0,303	0,0041146	0,89
07/16-07/18	0,004682	0,172	0,004093	0,697
08/16-08/18	0,004523	0,129	0,004001	0,671
09/16-09/18	0,004598	0,18	0,004045	0,748
10/16-10/18	0,00454	0,166	0,003995	0,721
11/16-11/18	0,00436	0,144	0,003748	0,64
12/16-12/18	0,003861	0,101	0,003638	0,475
01/17-02/19	0,004283	0,124	0,003622	0,437
02/17-02/19	0,004294	0,281	0,0036345	0,805
03/17-03/19	0,003861	0,101	0,003424	0,513
04/17-04/19	0,004097	0,267	0,003665	0,882
05/17-05/19	0,003922	0,35	0,003491	0,938
06/17-06/19	0,003973	0,492	0,003524	0,765
07/17-07/19	0,003856	0,771	0,003514	0,55

11.2.20 Tableau 20 : Inférences statistiques des Alphas Jensen des échantillons à caractère conventionnel.

	Tangent 75 C 25 G		GMVP 75 C 25 G	
	Std	Pr(> t)	Std	Pr(> t)
01/15-01/17	0,006486	<u>0,00653</u>	0,005932	0,514
02/15-02/17	0,005732	<u>0,00054</u>	0,0046836	0,911
03/15-03/17	0,006061	<u>0,0017</u>	0,004745	0,896
04/15-04/17	0,006039	<u>9,00E-04</u>	0,004546	0,719
05/15-05/17	0,005596	<u>0,000958</u>	0,0039769	0,97
06/15-06/17	0,004573	<u>2,08E-05</u>	0,0039501	0,825
07/15-07/17	0,004626	<u>1,43E-05</u>	0,0039136	0,859
08/15-08/17	0,00482	<u>9,22E-06</u>	0,00384	0,454
09/15-09/17	0,004751	<u>3,63E-05</u>	0,003512	0,682
10/15-10/17	0,004802	<u>4,54E-05</u>	0,0036367	0,817
11/15-11/17	0,004869	<u>4,42E-05</u>	0,0036368	0,817
12/15-12/17	0,004976	<u>7,21E-05</u>	0,00346	0,696
01/16-01/18	0,004929	<u>0,000107</u>	0,0031877	0,956
02/16-02/18	0,005031	<u>8,48E-05</u>	0,003841	0,84
03/16-03/18	0,004889	<u>0,000283</u>	0,0039354	0,975
04/16-04/18	0,004836	<u>0,000422</u>	0,003933	0,91
05/16-05/18	0,004825	<u>0,000995</u>	0,003931	0,783
06/16-06/18	0,005236	<u>0,00214</u>	0,004306	0,703
07/16-07/18	0,005348	<u>0,00226</u>	0,0043016	0,846
08/16-08/18	0,00526	<u>0,00257</u>	0,0042181	0,915
09/16-09/18	0,005289	<u>0,00655</u>	0,00433	0,777
10/16-10/18	0,005276	<u>0,00495</u>	0,004374	0,964
11/16-11/18	0,00511	<u>0,00359</u>	4,20E-03	0,987
12/16-12/18	0,005004	<u>0,00812</u>	0,0041343	0,907
01/17-02/19	0,005023	<u>0,0138</u>	4,11E-03	0,993
02/17-02/19	0,004967	<u>0,0341</u>	0,004122	0,632
03/17-03/19	0,00473	<u>0,0106</u>	0,0040529	0,818
04/17-04/19	0,004591	<u>0,0189</u>	0,00415	0,45
05/17-05/19	0,004495	<u>0,0285</u>	0,00403	0,346
06/17-06/19	0,004657	0,0632	0,004086	0,282
07/17-07/19	0,004475	0,0755	0,004039	0,167

11.2.21 Tableau 21 : Inférence statistique des Alphas Jensen des échantillons à caractère vert.

	Tangent 25 C 75 G		GMVP 25 C 75 G	
	Std	Pr(> t)	Std	Pr(> t)
01/15-01/17	0,006279	0,971	0,006461	0,35
02/15-02/17	0,005193	0,468	0,005281	0,812
03/15-03/17	0,00523	0,511	0,005361	0,673
04/15-04/17	0,004816	0,303	0,0050149	0,953
05/15-05/17	0,004166	0,402	0,004372	0,65
06/15-06/17	0,004003	0,176	0,0043524	0,855
07/15-07/17	0,003772	0,239	0,004163	0,682
08/15-08/17	0,003743	0,116	0,0040883	0,959
09/15-09/17	0,003304	0,172	0,003682	0,734
10/15-10/17	0,003427	0,285	0,003757	0,601
11/15-11/17	0,003516	0,363	0,003781	0,573
12/15-12/17	0,003287	0,155	0,0033102	0,932
01/16-01/18	0,002931	0,281	0,002978	0,531
02/16-02/18	0,003826	0,185	0,003836	0,848
03/16-03/18	0,003823	0,236	0,0038243	0,856
04/16-04/18	0,003825	0,294	0,003834	0,763
05/16-05/18	0,003842	0,42	0,00382	0,637
06/16-06/18	0,004037	0,468	0,004105	0,573
07/16-07/18	0,003985	0,266	0,004017	-0,221
08/16-08/18	0,003894	0,239	0,0039282	0,871
09/16-09/18	0,003936	0,297	0,00398	0,802
10/16-10/18	0,003883	0,31	0,0039286	0,831
11/16-11/18	0,003565	0,225	0,0036797	0,902
12/16-12/18	0,003466	0,113	0,0036152	0,892
01/17-02/19	0,003464	0,0999	0,0035932	0,808
02/17-02/19	0,003619	0,272	0,003588	0,689
03/17-03/19	0,003542	0,197	0,0034624	0,935
04/17-04/19	0,00373	0,316	0,003728	0,613
05/17-05/19	0,003522	0,428	0,003621	0,495
06/17-06/19	0,003527	0,568	0,003661	0,377
07/17-07/19	0,003508	0,632	0,003665	0,275

11.2.22 Tableau 22 : Inférences statistiques moyennes des Alphas Jensen de nos échantillons.

	Intercept	Std	Pr(> t)
Tangent Mix	0,0046645	0,00478137	0,35364516
GMVP Mix	-0,000965	0,00403335	0,74941935
Tangent 25 C 75 G	0,0018739	0,00389229	0,32283548
GMVP 25 C 75 G	-0,001445	0,00401575	0,68551613
Tangent 75 C 25 G	0,0187076	0,00507426	<u>0,00927555</u>
GMVP 75 C 25 G	-0,000355	0,00410031	0,75519355

11.3 R code

```
# Diviser valeur par 100
Fun10 <- function(X){(X/100)}
#-----
# Portefeuille tangent sans vente à découvert
#Code provenant Faculté de washington last update by Hezky Varon August 8, 2012
GMVP_FUN <-
function(er, cov.mat)
{
  asset.names <- names(er)
  er <- as.vector(er)
  cov.mat <- as.matrix(cov.mat)
  cov.mat.inv <- solve(cov.mat)
  w.gmin <- rowSums(cov.mat.inv) / sum(cov.mat.inv) #Calculation of weights
  w.gmin <- as.vector(w.gmin)
  names(w.gmin) <- asset.names #We want the weights of the weight vector to have to be
named with the corresponding asset)
  er.gmin <- crossprod(w.gmin,er) #Calculation of the expected return
  sd.gmin <- sqrt(t(w.gmin) %*% cov.mat %*% w.gmin) #Calculation of the standard
deviation
  gmin.port <- list("er" = as.vector(er.gmin),
                    "var" = as.vector((sd.gmin)^2), #variance
                    "sd" = as.vector(sd.gmin),
                    "weights" = w.gmin)
  gmin.port
}
#-----
# Portefeuille GMVP sans vente à découvert
#Code provenant Faculté de washington last update by Hezky Varon August 8, 2012
GMVPnoshort <- function(er, cov.mat, shorts = FALSE)
{
  asset.names <- names(er)
  er <- as.vector(er)
  cov.mat <- as.matrix(cov.mat)
  N <- length(er)
  if(N != nrow(cov.mat))
    stop("invalid inputs")
  if(any(diag(chol(cov.mat)) <= 0))
    stop("Covariance matrix not positive definite")
  if(shorts==TRUE){
    cov.mat.inv <- solve(cov.mat)
    w.t <- cov.mat.inv %*% (er - risk.free) # tangency portfolio
    w.t <- as.vector(w.t/sum(w.t)) # normalize weights
  } else if(shorts==FALSE){
    Dmat <- 2*cov.mat
```

```

dvec <- rep.int(0, N)
er.excess <- er - risk.free
Amat <- cbind(er.excess, diag(1,N))
bvec <- c(1, rep(0,N))
result <- solve.QP(Dmat=Dmat,dvec=dvec,Amat=Amat,bvec=bvec,meq=1)
w.t <- round(result$solution/sum(result$solution), 6)
} else {
  stop("Shorts needs to be logical. For no-shorts, shorts=FALSE.")
}
cov.mat.inv <- solve(cov.mat)
w.gmin <- rowSums(cov.mat.inv) / sum(cov.mat.inv) #Calculation of weights
w.gmin <- as.vector(w.gmin)
names(w.gmin) <- asset.names #We want the weights of the weight vector to have to be
named with the corresponding asset)
er.gmin <- crossprod(w.gmin,er) #Calculation of the expected return
sd.gmin <- sqrt(t(w.gmin) %*% cov.mat %*% w.gmin) #Calculation of the standard
deviation
gmin.port <- list("er" = as.vector(er.gmin),
  "var" = as.vector((sd.gmin)^2), #variance
  "sd" = as.vector(sd.gmin),
  "weights" = w.gmin)
gmin.port
}
#-----
# Portefeuille tangent avec vente à découvert
#Code provenant Faculté de washington last update by Hezky Varon August 8, 2012
MP_FUN <- function(er,cov.mat,risk.free)
{
  asset.names <- names(er)
  er <- as.vector(er)
  cov.mat <- as.matrix(cov.mat)
  cov.mat.inv <- solve(cov.mat)
  w.t <- cov.mat.inv %*% (er - risk.free) # tangency portfolio
  w.t <- as.vector(w.t/sum(w.t)) # normalize weights
  names(w.t) <- asset.names
  er.t <- crossprod(w.t,er) #Calculation of the expected return
  sd.t <- sqrt(t(w.t) %*% cov.mat %*% w.t) #Calculation of the standard deviation
  tan.port <- list("er" = as.vector(er.t),
    "var" = as.vector((sd.t)^2), #variance
    "sd" = as.vector(sd.t),
    "weights" = w.t)
  tan.port
}
#-----
# Portefeuille tangent sans vente à découvert
#Code provenant Faculté de washington last update by Hezky Varon August 8, 2012
tangency.portfolio <-

```

```

function(er,cov.mat,risk.free, shorts=FALSE)
{ asset.names <- names(er)
er <- as.vector(er)
cov.mat <- as.matrix(cov.mat)
N <- length(er)
if(N != nrow(cov.mat))
  stop("invalid inputs")
if(any(diag(chol(cov.mat)) <= 0))
  stop("Covariance matrix not positive definite")
if(shorts==TRUE){
  cov.mat.inv <- solve(cov.mat)
  w.t <- cov.mat.inv %*% (er - risk.free) # tangency portfolio
  w.t <- as.vector(w.t/sum(w.t)) # normalize weights
} else if(shorts==FALSE){
  Dmat <- 2*cov.mat
  dvec <- rep.int(0, N)
  er.excess <- er - risk.free
  Amat <- cbind(er.excess, diag(1,N))
  bvec <- c(1, rep(0,N))
  result <- solve.QP(Dmat=Dmat,dvec=dvec,Amat=Amat,bvec=bvec,meq=1)
  w.t <- round(result$solution/sum(result$solution), 6)
} else {
  stop("Shorts needs to be logical. For no-shorts, shorts=FALSE.")
}
names(w.t) <- asset.names
er.t <- crossprod(w.t,er)
sd.t <- sqrt(t(w.t) %*% cov.mat %*% w.t)
tan.port <- list("call" = call,
               "er" = as.vector(er.t),
               "sd" = as.vector(sd.t),
               "weights" = w.t)
class(tan.port) <- "portfolio"
tan.port
}
#-----
# Mise en forme du risk free t bill 10 years
Log_FUN <- function(X){log(X[-1,] / X[-nrow(X),])}
Riskfree <- as.numeric(as.character(Risk_free$`Risk free T bills`))
MeanRF <- mean(Riskfree)
Riskfreeb <- as.numeric(as.character(Risk_free_2016$`Bills`))
MeanRFb <- mean(Riskfreeb)
#-----
# Code pour les obligations conventionelles 2015-2019
MConv <- Fun10(Conv)
ConvMean <- apply(MConv, 2, mean)
mean(ConvMean)
ConvVar <- apply(MConv, 2, var)

```

```

mean(ConvVar)
ConvCov <- cov(MConv)
Convcor <- cor(MConv)
Meancorcov <- apply(Convcor,2,mean)
view(Meancorcov)
GMVPConv <- GMVP_FUN(er = ConvMean, cov.mat = ConvCov)
TangeantConv <- MP_FUN(er = ConvMean, cov.mat = ConvCov, MeanRF)
TangeantConvnoshort <- tangency.portfolio(er = ConvMean, cov.mat = ConvCov, MeanRF,
shorts = FALSE)
#-----
# Code pour les obligations vertes 2015-2019
MGreen <- Fun10(Green)
GreenMean <- apply(MGreen, 2, mean)
mean(GreenMean)
GreenVar <- apply(MGreen, 2, var)
mean(GreenVar)
Greencor <- cor(Green)
Meancgrencov <- apply(Greencor,2,mean)
view(Meancorcov)
GreenCov <- cov(MGreen)
GMVPGreen <- GMVP_FUN(er = GreenMean, cov.mat = GreenCov)
TangeantGreen <- MP_FUN(er = GreenMean, cov.mat = GreenCov, MeanRF)
TangeantGreennoshort <- tangency.portfolio(er = GreenMean, cov.mat = GreenCov, MeanRF,
shorts = FALSE)
#-----
# Code pour les obligations conventionnelles 2016-2019
MConvnb <- Fun10(Conv2016_19)
ConvMeanb <- apply(MConvnb, 2, mean)
mean(ConvMeanb)
ConvVarb <- apply(MConvnb, 2, var)
mean(ConvVarb)
Convcorb <- cor(MConvnb)
Convcovb <- cov(MConvnb)
GMVPConvb <- GMVP_FUN(er = ConvMeanb, cov.mat = Convcovb)
TangeantConvb <- MP_FUN(er = ConvMeanb, cov.mat = Convcovb, MeanRFb)
#-----
# Code pour les obligations vertes 2016-2019
MGreenb <- Fun10(Green_16_19)
GreenMeanb <- apply(MGreenb, 2, mean)
mean(GreenMeanb)
GreenVarb <- apply(MGreenb, 2, var)
mean(GreenVarb)
Greencorb <- cor(MGreenb)
GreenCovb <- cov(MGreenb)
GMVPGreenb <- GMVP_FUN(er = GreenMeanb, cov.mat = GreenCovb)
TangeantGreenb <- MP_FUN(er = GreenMeanb, cov.mat = GreenCovb, MeanRFb)

```

```

#-----
# Code pour le portefeuille commun
MCommun <- Fun10(Commun)
Communmean <- apply(MCommun, 2, mean)
Communvar <- apply(MCommun, 2, var)
Communcor <- cor(MCommun)
Communcov <- cov(MCommun)
TangeantCommun <- MP_FUN(er = Communmean, cov.mat = Communcov, MeanRF)
GMVPCCommun <- GMVP_FUN(er = Communmean, cov.mat = Communcov)
#-----
# Code pour échantillon 75C - 25 G
ME7525 <- Fun10(Portefeuille_75_C_25G)
E7525Mean <- apply(ME7525, 2, mean)
mean(E7525Mean)
E7525Var <- apply(ME7525, 2, var)
mean(E7525Var)
E7525Cov <- cov(ME7525)
E7525cor <- cor(ME7525)
MeancorE7525 <- apply(E7525cor, 2, mean)
view(MeancorE7525)
GMVPE7525 <- GMVP_FUN(er = E7525Mean, cov.mat = E7525Cov)
TangeantE7525 <- MP_FUN(er = E7525Mean, cov.mat = E7525Cov, )
#-----
# Code pour échantillon 25C - 75 G
ME2575 <- Fun10(Portefeuille_25C_75G)
E2575Mean <- apply(ME2575, 2, mean)
mean(E2575Mean)
E2575Var <- apply(ME2575, 2, var)
mean(E2575Var)
E2575Cov <- cov(ME2575)
E2575cor <- cor(ME2575)
MeancorE2575 <- apply(E2575cor, 2, mean)
view(MeancorE2575)
GMVPE2575 <- GMVP_FUN(er = E2575Mean, cov.mat = E2575Cov)
TangeantE2575 <- MP_FUN(er = E2575Mean, cov.mat = E2575Cov, MeanRF)
#-----
#Code pour échantillon 25C - 75 G sans SHANK
Mx <- Fun10(x)
xMean <- apply(Mx, 2, mean)
mean(xMean)
xVar <- apply(Mx, 2, var)
mean(xVar)
xCov <- cov(Mx)
xcor <- cor(x)
Meancorx <- apply(xcor, 2, mean)
view(Meancorx)
GMVPEx <- GMVP_FUN(er = xMean, cov.mat = xCov)

```



```

Tangeantx <- MP_FUN(er = xMean, cov.mat = xCov, MeanRF)
#-----
#Préparation de la colone conteant les alpha
alpha=as.data.frame(rep(NA,31))
#-----
#Alpaha jensen 25 C 75 G Tangent
for (i in 1:31){ alpha[i]=coef(lm(as.matrix(Alpah2575T[i:(i+23),])
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),]))) [1]} ~
View(RisquemarcheF[1:(1+23),])
alpha_reg=lapply(1:31,function(i){lm(as.matrix(Alpah2575T[i:(i+23),])
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),]))) ~
summary(alpha_reg[[1]])
#-----
#Alpaha jensen 25 C 75 G GMVP
for (i in 1:31){ alpha[i]=coef(lm(as.matrix(Alpah2575G[i:(i+23),])
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),]))) [1]} ~
View(RisquemarcheF[1:(1+23),])
alpha_reg=lapply(1:31,function(i){lm(as.matrix(Alpah2575G[i:(i+23),])
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),]))) ~
summary(alpha_reg[[1]])
#-----
#Alpaha jensen 75 C 25 G Tangent
for (i in 1:31){ alpha[i]=coef(lm(as.matrix(Alpah7525T[i:(i+23),])
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),]))) [1]} ~
View(RisquemarcheF[1:(1+23),])

alpha_reg=lapply(1:31,function(i){lm(as.matrix(Alpah7525T[i:(i+23),])
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),]))) ~
summary(alpha_reg[[1]])
#-----
#Alpaha jensen 75 C 25 G GMVP
for (i in 1:31){ alpha[i]=coef(lm(as.matrix(Alpah7525G[i:(i+23),])
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),]))) [1]} ~
View(RisquemarcheF[1:(1+23),])
alpha_reg=lapply(1:31,function(i){lm(as.matrix(Alpah7525G[i:(i+23),])
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),]))) ~
summary(alpha_reg[[1]])
#-----
#Alpaha jensen mixte GMPV
for (i in 1:31){ alpha[i]=coef(lm(as.matrix(Alpah5050G[i:(i+23),])
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),]))) [1]} ~
View(RisquemarcheF[1:(1+23),])
alpha_reg=lapply(1:31,function(i){lm(as.matrix(Alpah5050G[i:(i+23),])
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),]))) ~
summary(alpha_reg[[1]])

#-----

```

```

#Alpaha jensen mixte tangent
for (i in 1:31){ alpha[i,]=coef(lm(as.matrix(Alpah5050T[i:(i+23),])
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),]))) [1]} ~
View(RisquemarcheF[1:(1+23),])
alpha_reg=lapply(1:31,function(i){lm(as.matrix(Alpah5050T[i:(i+23),]) ~
as.matrix(RisquemarcheF[i:(i+23),])))})
summary(alpha_reg[[1]])

```